

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Liberec 2009

Marta Dudová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Obor 3107R004

Technologie a řízení oděvní výroby

Katedra oděvnictví

**Užitné vlastnosti materiálů používaných pro výrobu pracovních a
ochranných oděvů.**

**Applied properties of materials used in working and protective
clothes**

Marta Dudová

KOD/2009/06/16BS

Vedoucí práce : Ing. Zuzana Fléglová

Rozsah práce:

Počet stran: 94

Počet obrázků: 42

Počet tabulek: 9

Počet grafů: 7

Počet příloh: 8

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra oděvnictví

Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Marta DUDOVÁ

Studijní program: B3107 Textil

Studijní obor: Technologie a řízení oděvní výroby

Název tématu: Užité vlastnosti materiálů používaných pro výrobu pracovních a ochranných oděvů.

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vypracujte literární rešerši zaměřenou na materiály používané pro výrobu pracovních a ochranných oděvů a popište jejich užité vlastnosti.
2. Analyzujte metody hodnocení vlastností u výrobků pro speciální použití z hlediska funkčnosti a z hlediska komfortu uživatele.
3. Navrhněte a proveďte experiment hodnocení užitečných vlastností pro vybrané představitele sortimentu ochranných oděvů, porovnejte zjištěné výsledky.
4. Na základě získaných poznatků charakterizujte trendy ve vývoji materiálů pro speciální ochranné prostředky.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- KOVAČIČ, Vladimír. Textilní zkušebnictví, Díl I., II. Liberec, Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, 2002.
- BISHOP, P., GU, D., CLAPP, A. Climate under permeable protective clothing. International Journal of Industrial Ergonomics, 2000, Vol. 25., pp. 233 - 238.
- HOLMÉR, I. Clothing for cold work ergonomic and protective requirements. Proceedings of Fifth Scandinavian Symposium on Protective clothing, May 5 - 8, 1997, Elsinore, Denmark. pp. 107 - 111. ISBN 87-89895-17-7
- ISO, ČSN normy.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zuzana Fléglová
Katedra oděvnictví

Datum zadání bakalářské práce: 13. února 2008

Termín odevzdání bakalářské práce: 5. ledna 2009

prof. Ing. Jiří Militký, CSc.
děkan

L.S.

doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
vedoucí katedry

Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

Vedoucí KOD

Marta Dudová

Velemín 120

411 31 Velemín

VĚC: Žádost o prodloužení termínu odevzdání BP

Žádám o prodloužení termínu odevzdání bakalářské práce do termínu 30.05.2009."

Z důvodu přerušení studia.

Název tématu: Užité vlastnosti materiálů používaných pro výrobu pracovních a ochranných oděvů.

Vyjádření vedoucího práce: *Souhlasím s odevzdáním BP do 30.5.2009 bez možnosti dalšího prodloužení!*

Se cur

Key

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ
Katedra oděvnictví

200109

Marta Dudová

Marta Dudová

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 25. 5. 2009

.....

Podpis

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat své vedoucí bakalářské práce inženýrce Zuzaně Fléglové za poskytnuté konzultace, věnovaný čas, za připomínky a rady k obsahu a koncepci celé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat doktorovi Jakubovi Hružovi z katedry Netkaných textilií za konzultace, rady a doporučení ohledně experimentální části.

Mé poděkování bych také ráda věnovala svým blízkým za jejich nejen finanční podporu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se věnuje pracovním a ochranným oděvům se zaměřením na materiály a jejich užité vlastnosti. Charakterizuje pracovní ochranné prostředky a na ně vztahenou legislativu. Uvedeny jsou užité vlastnosti materiálů související s touto problematikou. Teoretická část práce týkající se ochranných a pracovních oděvů je rozčleněna do kapitol podle oblasti použití a charakteru prostředí. Jsou popsány vlastnosti a požadavky kladené na oděvy a uvedeny materiály, které se na jejich výrobu používají. Dále jsou analyzovány metody hodnocení vlastností výrobků pro speciální použití z hlediska funkčnosti a komfortu uživatele. V experimentální části byla měřena prodyšnost a filtrační vlastnosti devíti jednorázových ochranných oděvů z netkaných textilií vůči prachovým částicím a aerosolu NaCl. Na základě získaných poznatků jsou v poslední části této práce uvedeny trendy ve vývoji materiálů pro speciální ochranné prostředky.

Klíčová slova

Ochranný oděv, pracovní oděv, užité vlastnosti materiálů, metody hodnocení, filtrační vlastnosti oděvu, jednorázové oděvy, trendy materiálů

Abstract:

In this Bachelor Thesis, there are studied working and protective clothing with an emphasis on the materials and their applied properties. The working and protective means and the related legislative are characterized. There are introduced the related applied properties. The theoretical part of the Thesis dealing with working and protective clothing is divided into particular Chapters according to applications and the character of an environment. There are described properties and requirements put on clothing and listed materials used for their manufacture. There are analyzed methods for the assessment of the properties of products for the special use from the point of view of functionality and the user comfort. The experimental part of the Thesis is focused on air permeability and filtration capabilities of nine single-use protective clothes made of non-wovens against dust particles and sodium chloride aerosol. Finally, trends in the research and development of materials for the special protective clothes are discussed with used of the obtained results.

Key words:

Protective clothes, working clothes, material applied properties, assessment methods, clothes filtration properties, single-use clothes, material application trends.

Seznam použitých zkratk

OOP	osobní ochranné prostředky
ÚNMZ	Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
ČSN	Česká technická norma
EN, ETSI, ISO, IEC	značky přejímané normy
OOPP	osobní ochranné pracovní prostředky
LOI	Limiting Oxygen Index
PET	polyethylentereftalát
PE	polyethylen
PA	polyamid
PES	polyester
PTFE	polytetrafluoretylen
PU	polyuretan
ESD	elektrostaticky citlivé součástky (Electrostatic sensitive device)
ESD/CRC	antistatické oděvy pro ochranu elektrostaticky citlivých součástek pro čisté prostory (Clean room clothing electrostatic sensitive device)
IQNet CQS	Sdružení pro certifikaci systémů jakosti
PP	polypropylen
OČP	oděvy pro čisté prostory
CRC	oděvy čisté prostory (Clean room clothing)
S	spunbond
M	meltblown
SMS	spunbond/meltblown/spunbond
SSMMS	spunbond/ spunbond /meltblown/ meltblown /spunbond
SM	spunbond /meltblown
CRE	konstantní přírůstek prodloužení (Constant rate-of-extension)
NaCl	chlorid sodný
A	zkoušená plocha textilie
p	tlakový spád [Pa]
q_v	rychlost průtoku vzduchu [ml.s^{-1}]
s	směrodatná odchylka
v	variační koeficient [%]
R	prodyšnost [mm.s^{-1}]
G_1	množství prachu nezachyceného vzorkem
G_2	množství prachu na vzorku a na absolutním filtru
E	efektivita (odlučivost) [%]
E_p	efektivita (odlučivost) aerosolu NaCl [%]
P	propustnost aerosolu NaCl [%]
PCM	materiál s fázovou změnou (phase change material)
GSM	globální systém pro mobilní komunikaci (Groupe Spécial Mobile)

Obsah

1 Úvod.....	3
2 Osobní ochranné prostředky.....	3
2.2 Posuzování shody výrobků.....	4
2.3 Česká technická norma.....	5
3 Pracovní a ochranné oděvy	5
3.1 Ochranný oděv	5
3.2 Pracovní oděv	6
3.3 Hlavní požadavky na pracovní a ochranné oděvy.....	6
3.4 Užité vlastnosti materiálů pro pracovní a ochranné oděvy	6
3.4.1 Trvanlivost	7
3.4.2 Estetické vlastnosti.....	8
3.4.3 Fyziologicko-hygienické vlastnosti.....	8
3.4.4 Komfort	11
3.4.5 Možnost údržby.....	14
3.4.6 Ostatní vlastnosti	14
3.5 Materiály na pracovní a ochranné oděvy podle prostředí a profese.....	15
3.5.1 Ochranné oděvy proti mechanickým rizikům	15
3.5.2 Ochranné oděvy pro práci v chladném prostředí.....	17
3.5.3 Ochranné oděvy proti teplu a ohni	21
3.5.4 Protichemické ochranné oděvy	26
3.5.5 Balistické ochranné oděvy	29
3.5.6 Ochranné oděvy s antistatickými vlastnostmi	32
3.5.7 Ochranné oděvy s vysokou viditelností	33
3.5.8 Oděvy pro pracovníky obchodu a služeb	36
3.5.9 Uniformní oblečení	36
3.5.10 Ochranné oděvy pro zdravotní personál.....	37
3.5.11 Ochranné oděvy pro čisté prostory.....	38
4 Metody hodnocení vlastností u výrobků pro speciální použití	42
4.1 Z hlediska funkčnosti	42
4.1.1 Odolnost proti mechanickému působení	42
4.1.2 Odolnost proti teplu, ohni.....	45
4.1.3 Funkčnost v chladném prostředí a povětrnostním vlivům	47
4.1.4 Odolnost proti působení chemikálií	48
4.1.5 Metody hodnocení elektrostatických vlastností ochranných oděvů.....	50

4.2 Z hlediska komfortu uživatele.....	51
4.2.1 Propustnost médií textilem.....	51
4.2.2 Kombinované metody stanovení prostupu médií textiliemi	54
5 Experimentální část.....	55
5.1 Materiály na ochranné oděvy z netkaných textilií.....	55
5.2 Vybrané oděvy pro experiment	57
5.3 Propustnost vzduchu (prodyšnost)	60
Přístroje	60
Podmínky měření	61
Parametry měření	61
Postup měření	61
Výpočty	61
Vyhodnocení prodyšnosti.....	63
5.4 Propustnost prachových částic (odlučivost)	65
Přístroj	65
Podmínky měření	65
Parametry měření	65
Postup měření	66
Výpočet	66
Vyhodnocení odlučivosti na prachové částice	68
5.5 Testování aerosolem NaCl	70
Přístroj	70
Podmínky měření	71
Parametry měření	71
Výpočty	71
Vyhodnocení testu aerosolem NaCl	72
5.6 Vyhodnocení experimentu a srovnání s cenou.....	75
5 Trendy materiálů pro speciální ochranné prostředky	78
6 Závěr	88
7 Seznam použité literatury.....	91
8 Seznam příloh	94

1 Úvod

Veškerá lidská činnost je spojena s jistým nebezpečím. Měla by být posuzována podle toho v jaké míře nás ohrožuje a podle míry ohrožení by měla být zvolena vhodná individuální ochrana. Prostředky individuální ochrany se nazývají osobní ochranné pracovní prostředky, nebo se používá termínu osobní ochranné prostředky a obecně se užívá zkratk OOPP a OOP.

Vzhledem k tomu, že osobní ochranné prostředky chrání zdraví a život uživatelů, jsou na jejich kvalitu, užité vlastnosti a životnost kladeny náročné legislativně - technické požadavky.

Legislativa OOP vychází ze Zákona o technických požadavcích na výrobky – Z 22/1997 Sb. Zákon obsahuje rozsáhlou přílohu nařízení vlády č.21/2003 Sb., v níž jsou uvedeny technické požadavky na OOP, označované jako „základní požadavky“.

Používání osobních ochranných prostředků je téměř vždy pro zaměstnance přítěží a svým způsobem obtěžující. Ochranné prostředky omezují některé činnosti, které by bez jejich používání byly snazší a jednodušší. Přesto je z hlediska ochrany zdraví a života používání OOP nezbytné a zaměstnavatel má ze zákona povinnost vybavit zaměstnance prostředky individuální ochrany tam, kde nelze riziko odstranit technickými a organizačními opatřeními. V tomto ohledu je třeba zvolit cestu kompromisu a zohlednit užitou i komfortní stránku OOP. Musí se jednak dodržet technické požadavky stanovené zkušebními podmínkami a přitom se snažit o minimalizaci omezení pracovníka. Také je potřeba dbát na dobrou estetickou úroveň za cenu, která je přijatelná pro trh.

Zkušební podmínky na ochranné prostředky, zahrnující pracovní ochranný oděv, jsou stanoveny příslušnými normami. Zkoušky a jejich hodnocení jsou vybírány a provádí se podle specializace oděvu. Zkoušeny mohou být celé oděvy nebo materiály, z kterých se vyrábí, jako plošné textilie. Zkouší se užité hodnoty produktů nebo komfortní složka.

2 Osobní ochranné prostředky

Osobní ochranné prostředky zajišťují individuální ochranu člověka. Zahrnují široký okruh prostředků chránících nejrizičnější části těla před riziky spojenými s výkonem určité pracovní či sportovní činnosti.

Osobní ochranné prostředky jsou stanovenými výrobky ve smyslu zákona č. 22/1997 Sb., v platném znění, podléhají tedy před jejich uvedením na trh v ČR povinnému posouzení shody z hlediska bezpečnosti. [1]

Technické požadavky na OOP, označované jako „základní požadavky“, jsou uvedeny v rozsáhlé příloze nařízení vlády č. 21/2003 Sb., která je identická s přílohou směrnice 89/686/EHS. Pro tyto požadavky je charakteristické, že jsou formulovány poměrně široce, důsledně se vyhýbají stanovení konkrétních hodnot nebo limitů a jsou zaměřeny na bezpečnost výrobku.

Přesné hodnoty, limity, zkušební postupy a další údaje odpovídající základním požadavkům jsou dány až harmonizovanými českými technickými normami. Tyto normy nejsou závazné, ale pokud jsou vlastnosti OOP s nimi v souladu, předpokládá se, že jsou základní požadavky závazného nařízení vlády splněny. Výrobce má při takto nastaveném systému možnost nedržet se požadavků normy, využívat vlastní technická řešení, přičemž ovšem základní bezpečnostní požadavky uvedené v nařízení vlády musí být dodrženy. [2]

2.1 Kategorie OOP

Podle závislosti na míře možného nebezpečí spojeného s používáním výrobku jsou OOP rozděleny do tří skupin. Nařízení vlády přesně definuje I. a III. skupinu. II. skupina zahrnuje zbývající osobní ochranné prostředky, které svým charakterem nevyhovují definici první ani třetí kategorii.

I. kategorie

Osobní ochranné prostředky jednoduché konstrukce, u nichž může výrobce nebo dovozce předpokládat, že uživatel je schopen sám zhodnotit úroveň ochrany proti rizikům, která mohou být včas a bezpečně uživatelem rozpoznána. Tato skupina výrobků je označována jako první kategorie.

III. kategorie

Osobní ochranné prostředky, které jsou určeny k ochraně života či k ochraně proti rizikům, která mohou vážně a trvale poškodit zdraví, a u kterých může výrobce nebo dovozce předpokládat, že tato nebezpečí není uživatel schopen včas rozpoznat.

2.2 Posuzování shody výrobků

Na posouzení shody výrobků s technickými požadavky u II. a III. kategorie je předepsána povinná účast nezávislého orgánu - autorizované osoby. U kategorie I může výrobce provést posouzení shody sám bez účasti autorizované osoby. Autorizované osoby jsou právnické osoby, které Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

pověřil k činnostem při posuzování shody výrobků. Autorizované osoby v České republice jsou uvedeny na internetových stránkách ÚNMZ. [3]

2.3 Česká technická norma

Česká technická norma je dokument schválený pověřenou právnickou osobou pro opakované nebo stálé použití vytvořený podle zvláštního zákona a označený písmenným označením ČSN, jehož vydání bylo oznámeno ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Česká technická norma poskytuje pro obecné a opakované používání pravidla, směrnice nebo charakteristiky činností nebo jejich výsledků zaměřené na dosažení optimálního stupně uspořádání ve vymezených souvislostech. [4]

Česká technická norma je každá původní česká technická norma, která se může vytvářet pouze v oblastech, ve kterých neexistují normy evropské nebo mezinárodní. Jsou jí také Evropské či mezinárodní normy (např. EN, ETSI, ISO, IEC), které jsou do soustavy norem ČSN přejaty a stávají se tak normami českými. Označení přejaté normy tvoří značka české technické normy a značka přejímané normy, např. ČSN EN, ČSN ISO, ČSN EN ISO, ČSN IEC, ČSN ETS. Jsou-li tyto normy převzaty do národní soustavy, současně s tím se ruší původní české normy, které jsou již překonané nebo vykazují s mezinárodními normami konflikt. [5]

Tvorbu a vydávání českých technických norem, jejich změny a zrušení v rozsahu vymezeném tímto zákonem zaručuje stát. Zabezpečováním tvorby a vydáváním českých technických norem, jejich změn a zrušení může Ministerstvo průmyslu a obchodu pověřit právnickou osobu. [4]

3 Pracovní a ochranné oděvy

Pracovní a ochranné oděvy slouží jako ochrana lidského organismu před nepříznivými podmínkami okolí nebo jako ochrana okolního prostředí před částicemi produkovanými tělem člověka a mikroorganismy žijícími na jeho povrchu. Ochranné a pracovní oděvy poskytují částečnou nebo úplnou ochranu těla.

3.1 Ochranný oděv

Ochranný oděv je oděv překrývající nebo nahrazující osobní oděv, který je navržen tak, aby poskytoval ochranu proti jednomu nebo více nebezpečím. Také před situací, která může být příčinou škody či dokonce poškození zdraví člověka. [6]

3.2 Pracovní oděv

Pracovní oděv je oděv z vhodného materiálu přizpůsobený pro různá pracovní prostředí. Chrání zdraví, život nebo oděv uživatele při výkonu činnosti. V profesích, kde se vyžaduje uniformní oblečení pro reprezentační účely, plní oděv i funkci estetickou.

V zákoníku práce jsou tyto oděvy označovány jako osobní ochranné pracovní prostředky (OOPP). V současné době česká legislativa používá při posuzování shody termín osobní ochranné prostředky (OOP), který zahrnuje širší skupinu výrobků než OOPP, např. i ochranné prostředky pro sport a volný čas. [3]

3.3 Hlavní požadavky na pracovní a ochranné oděvy

Dle normy ČSN EN 340 by ochranné oděvy měly být navrhovány a vyráběny takto:

- A) materiály a součásti ochranných oděvů by neměly nepříznivě působit na osobu, která je nosí;
- B) měly by osobě, která je nosí, poskytovat při náležité ochraně co největší stupeň pohodlí;
- C) části ochranných oděvů přicházejících do styku s uživatelem by neměly být drsné, neměly by mít ostré hrany a výstupky, které by mohly způsobit nadměrné dráždění nebo poranění;
- D) jejich design (provedení) by měl usnadňovat správné umístění na uživateli a měl by zajišťovat, že oděv zůstane na místě po předpokládanou dobu používání, přičemž je třeba brát v úvahu činitele prostředí spolu s pohyby a pozicemi, které může nositel v průběhu práce zaujímat. K tomu účelu mají být náležité prostředky, jako je odpovídající systém k úpravě nebo rozsah velikostí, aby bylo možné ochranný oděv přizpůsobit morfologii uživatele;
- E) má být co nejlehčí, aniž by tím byla poškozena navrhovaná pevnost či účinnost.

Ochranný oděv by měl co nejvíce snižovat fyziologickou námahu vhodnými materiály, které jsou schopné odvést vodní páry (tělesnou vlhkost). Tam kde není možné z důvodu požadované bezpečnosti propustnost vodních par materiálem možná, by měl oděv odvádět vlhkost např. ventilací. [6]

3.4 Užité vlastnosti materiálů pro pracovní a ochranné oděvy

Užitné vlastnosti textilních materiálů určených pro ochranné oděvy jsou takové, které plní svůj účel, pro nějž se používají a pro daný způsob užití jsou potřebné či nezbytné. Podle požadavků, kladených na oděvy a materiály z nich vyrobených, je možné užitné vlastnosti obecně rozdělit do několika základních skupin. Je to trvanlivost, estetické vlastnosti, fyziologicko-hygienické vlastnosti, komfort, možnost údržby a ostatní užitné vlastnosti.

3.4.1 Trvanlivost

Trvanlivost je schopnost odolávat poškození a opotřebení během užívání. Poškození může být způsobováno jedním nebo více činiteli. Při používání a údržbě jsou oděvní materiály ohýbány, natahovány, stlačovány, odírány. Jsou vystavovány vnějším vlivům prostředí světlu, mrazu, žáru, mokru a chemikáliím. Postupně se zhoršují funkce ochranné i estetické. Oděvy také podléhají stárnutí, což se projevuje jako změna jedné nebo více počátečních vlastností materiálů ochranného oděvu během času.

Trvanlivost textilií je posuzována pomocí laboratorních zkoušek a na základě nich se pak stanovuje jejich odolnost vůči poškození a opotřebení. Škodlivými účinky změny barvy, změny funkční úrovně čištění a změny rozměrovými u ochranných oděvů se zabývá norma ČSN EN 340. Pokud předmětová norma obsahuje požadavky na stálost vybarvení, musí se ochranný oděv zkoušet podle příslušné části ISO 105.

Požadavky trvanlivosti na jednorázové oděvy se kladou jen po dobu užívání, na kterou jsou určeny.

Vlastnosti související s trvanlivostí:

- pevnost v tahu a tažnost textilií
- odolnost v oděru
- pevnost v natržení a dalším trhání
- odolnost proti proříznutí, propíchnutí
- odolnost proti teplu, ohni
- schopnost odolávat chemickému působení
- rozměrová stálost
- schopnost zachovat si dané vlastnosti (vodooodpudivost, nepromokavost, nepropustnost, nešpinivost a pod.)

[7]

3.4.2 Estetické vlastnosti

Estetické vlastnosti ovlivňují vzhled oděvů. Jsou dány druhem použitého materiálu a jeho parametry, především materiálovým složením, použitými přízemi, vazbou a úpravou. Významně se na vzhledu hotového výrobku podílí barvy, jejich kombinace a střih.

U materiálů používaných pro pracovní oděvy je na prvním místě především účel použití a schopnost materiálu vyhovovat požadavkům pro danou činnost. Estetické vlastnosti pracovního oděvu se předpokládají v těch oblastech, kde je zapotřebí reprezentovat. Materiály a samotné oděvy kromě požadavků na účel použití se podřizují módním trendům, obchodní značce a přáním majitele.

Vybranými estetickými vlastnostmi textilií a oděvů, jež je možno hodnotit pomocí laboratorních zkoušek jsou:

- stálobarevnost
- lesk-mat
- splývavost-tuhost
- mačkovost
- žmolkovitost
- zátrhavost

[7]

3.4.3 Fyziologicko-hygienické vlastnosti

Schopnosti materiálů vytvářet vhodné mikroklima, regulovat tělesné teplo a odvádět jeho nadbytek a tělesnou vlhkost z povrchu lidského subjektu se nazývají fyziologicko-hygienické vlastnosti. Prostupy tepla, vody a vodní páry jsou realizovány ve směru od lidského organismu, vně a z vnějšího prostředí ve směru k tělu. První způsob transportu médií převládá. Obvykle se jedná o sdružený děj, kdy dochází k prostupu vlhkosti, tepla, eventuelně vzduchu zároveň.

Hodnocením a interpretací účinku tepla, tepelného stresu, kterému je člověk vystaven v horkém prostředí, míru pocení a nitrotělní teplotou, kterou lidské tělo vyvine jako reakci na pracovní podmínky se zabývají normy SN EN ISO 7933 a SN ISO 7243. Norma zabývající se prací v chladném prostředí je ČSN EN ISO 15743. Uvedené normy jsou popsány v Příloze 1.

[8]

Propustnost vzduchu (prodyšnost)

Prodyšnost materiálů se významně podílí na odvodu přebytečného tepla produkovaného lidským tělem a předchází tak tvorbě tělesné vlhkosti. Prodyšné materiály se uplatňují tam, kde vlivem zvýšené pracovní zátěže (fyzické i duševní) může docházet ke zvýšené tepelné produkci lidským tělem.

Vzdušná propustnost materiálů se určuje koeficientem, který udává, jaké množství vzduchu projde určitou plochou materiálu za stanovený čas při určitém tlakovém spádu mezi oběma stranami materiálu. Prodyšnost materiálu významně ovlivňuje jeho termo-izolační vlastnosti. Materiál s vysokou propustností vzduchu nemůže mít vyšší tepelně izolační vlastnosti ani při značné tloušťce, jelikož je zesíleno proudění nejen uvnitř textilie, ale i mezi jednotlivými vrstvami. [9]

Vlastnosti ovlivňující prodyšnost materiálů:

- tloušťka materiálu
- tvar a objemová hmotnost přize
- hustota (dostava a vazba)
- druh úpravy materiálu
- objemová hmotnost
- vlhkost
- počet vrstev materiálu
- počet a tloušťka vzduchových vrstev mezi vrstvami oděvu

Propustnost vodní páry

Propustnost vodní páry je definována jako prostup vodní páry na základě rozdílu parciálních tlaků po obou stranách textilie. Jedná se o složitý pochod, který se uskutečňuje difúzí vodních par přes póry a prodyšné kanálky materiálů a sorpcí, resp. desorpcí přes vlákna. V průběhu prostupu par materiály dochází ke kondenzaci par. Voda pak migruje jak v plynném, tak v kapalném skupenství působením kapilárních sil. Je-li oděvní systém uzavřen a málo prodyšný, pak se pára přenáší převážně vedením (difuzí). [9] [10]

Propustnost (odvod) tepla

Přenos tepelné energie v oblasti pracovních a ochranných oděvů chápeme jako ochranu před vysokými teplotami a přehřátím organismu nebo jako ochranu proti chladnému prostředí a mrazu. V prostředí se zvýšenou okolní teplotou se pohybují pracovníci skláren, svářeči, pracovníci v energetickém průmyslu, pracovníci pekáren, hasiči apod. Naopak

chladnému prostředí jsou vystaveni pracovníci mrazíren a chladiřů, horská služba a pracovníci ve venkovním prostředí v zimním období.

Zvýšenou fyzickou i psychickou námahou vzrůstá tělesná teplota. Nadbytečné teplo je třeba z těla odvádět, aby se tělo nepřehřívalo, nedocházelo k tvorbě tělesné vlhkosti a tím k nepohodlí. Teplotní podmínky ovlivňují výkonnost pracovníka a působí na jeho zdraví. Z tohoto důvodu je důležitá regulace tělesné teploty jak přizpůsobením podmínek na pracovišti (vnitřní prostředí) tak i zvolením vhodného oděvu vzhledem k náplni a činnosti i vzhledem k okolnímu prostředí. Přestup teploty mezi lidským tělem a prostředím se uskutečňuje třemi způsoby:

Vedení (kondukcce)

Vedením je teplo odváděno, je-li textilie je v přímém styku s pokožkou a odnímá teplo kontaktním způsobem. Kondukční způsob je závislý na velikosti plochy, měrné tepelné vodivosti a gradientu teploty. Vodivost různých materiálů je značně odlišná. Největší tepelnou vodivostí se vyznačují kovy, jako vynikajícím izolantem je vzduch. [10]

Proudění (konvence)

Ve vzduchové vrstvě vytvořené mezi kůží a první textilní vrstvou se vytváří mikroklima. V něm dochází k částečnému proudění a poklesu teploty, v závislosti na tloušťce a na pohybu organismu. Mezi vnější vrstvou textilie a proudícím prostředím je tzv. tepelná mezní vrstva, kde dochází k teplotnímu spádu. Tloušťka mezní vrstvy je tím nižší, čím více se okolní proudnice promíchávají. [10] [11]

Sálání (radiace)

Sálání je proces, při němž látka emituje do prostoru energii. Závisí na ploše, velikosti tepelné energie a koeficientu sálání, resp. barvě. Stříbrně lesklý povrch vyzařuje nejmenší množství. Použitím takové barvy se minimalizuje předávání tepla sáláním. Černé povrchy vysálají naopak tepla nejvíce. [12]

Propustnost kapalně vlhkosti

Prostup kapalně vlhkosti se buďto děje z vnějšího prostředí skrze oděvní materiály k lidskému tělu, což je nežádoucí, nebo je vlhkost tvořena pokožkou lidského těla ve formě potu a zde je naopak žádoucí, aby materiály byly schopny vlhkost odvést.

Odvod vlhkosti z lidského těla skrze textilní materiál se děje několika způsoby – kapilárně, difúzí a sorpčně. Kapilární způsob odvádí pot jako kapalinu, ostatní způsoby jak kapalinu, tak i vodní páru. Všechny tři uvedené mechanismy se transportu vlhkosti zúčastňují

současně. Nejrychlejší mechanismus transportu je kapilární a difúzní, ty se uplatňují zejména při vyšší tvorbě potu. Nejpomaleji je vlhkost odváděna sorpčním způsobem a pracuje nejvíce v úzké oblasti optima. [11]

Kapilárně

Ke kapilárnímu odvodu dochází při vyšší produkci potu. Kapalný pot je z povrchu kůže odsáván první textilní vrstvou a jejími kapilárními cestami vzlíná do její plochy všemi směry. Intenzitu přestupu udává parciální spád, sorpce textilie a vláken, povrchové napětí vláken a množství produkovaného potu. [13]

Pro dosažení co nejintenzivnějšího odvodu vlhkosti se povrch vláken upravuje (zdrsňuje), struktura příze musí být kompaktní a prostor mezi speciálně tvarovanými vlákny co nejmenší. Současně musí být adheze mezi kapalinou a vláknem dostatečně malá, aby adhezní síla nepřevyšovala sílu kapilární. [10]

Difúzí

Prostup vlhkosti z povrchu kůže přes textilií je realizován prostřednictvím pórů, jež se svou velikostí a křivolakostí zúčastňují na kapilárním odvodu. Vlhkost prostupuje na základě rozdílných parciálních tlaků ve směru nižšího parciálního tlaku vodní páry. Ke zbrždění prostupu dochází prostřednictvím jednotlivých vrstev a vzduchových mezivrstev, které nemají stejný difúzní odpor. Pokud vlákna nemění své geometrické vlastnosti, například vlivem bobtnání, vliv vlákenné suroviny se zde neprojevuje. [11]

Sorpčně

Podstata sorpčního způsobu spočívá v absorbování potu hydrofobickými vlákny do struktury vláken a následném předání na vnější povrch textilie. Podmínkou je, aby textilie obsahovala alespoň částečně sorpční vlákna. Sorpci doprovází jevy jako geometrické změny vlákna (bobtnání), uvolňování tepla a změna téměř všech mechanických a fyzikálních vlastností vláken. [13]

3.4.4 Komfort

Charakter celkového oděvního komfortu určují jednak fyzikální parametry a jednak osobní představy a pocity jednotlivého uživatele. Funkční složka komfortu může být hodnocena jak subjektivně, tak objektivně. Objektivně se komfort může hodnotit například laboratorním zjišťováním vlastností textilií a oděvních vrstev. Druhá, abstraktní, složka komfortu může být hodnocena pouze subjektivně na základě psychologických vjemů.

Ochranné a pracovní oděvy mají plnit především ochrannou funkci, chránit zdraví uživatele nebo chránit proti ušpinění. Komfort ochranných oděvů práci zpříjemňuje a podporuje chuť pracovníka k lepším výkonům. Problematikou komfortu pracovníků se zabývá mezinárodní norma ČSN EN ISO 7730. Představuje metody předpovídání celkového tepelného pocitu a stupně nespokojenosti s tepelným prostředím pracovníků vystavených mírnému tepelnému prostředí. Komfort je rozdělen na psychologický komfort a funkční komfort.

Psychologický komfort

Psychologický komfort závisí na kulturní a sociální úrovni, a vyjadřuje individualitu zákazníka. Psychologický komfort určují styl, módnost, pohodlnost, barva a konstrukční řešení. Jak uživatel vnímá oděv vychází z funkčních a estetických charakteristik oděvu. Psychologický komfort u pracovních a ochranných oděvů můžeme vnímat především jako míru pocitu bezpečí.

Například může být uvedena policejní uniforma. Vycházková uniforma budí respekt, zásahová větší. V zásahové uniformě, která je uzpůsobena proti bodným a střelným ranám, se příslušník policie při nasazení bude cítit bezpečněji. Opakem je uniforma pro výjimečné příležitosti, která se všemi medailemi a oceněními, budí úctu ve společnosti. Uniforma vycházková zase dodává pocit pohodlí.

Funkční komfort

Funkční komfort je možné dále vnímat ze dvou pohledů, z hlediska fyziologického a z hlediska senzorického.

Fyziologický komfort je stav lidského organismu, v němž jsou fyziologické funkce v optimu a který je subjektem vnímán jako pohodlí. Oděv za daných podmínek pomáhá udržovat tepelnou rovnováhu a dává organismu pocit pohodlí. Udržuje kolem těla určité mikroklima, jež ovlivňuje subjektivní pocity nositele. Mikroklima je závislé jednak na tepelném stavu organismu, jednak na klimatických podmínkách okolního prostředí a na vlastnostech materiálu a oděvu.

Vlhkost vzduchu pod oděvem

V podmínkách tepelné pohody se relativní vlhkost vzduchu pod oděvem (mezi pokožkou a první vrstvou oděvu) pohybuje v rozmezí 35-60%. Aby byla dodržena rovnováha, je potřeba aby přebytečná vlhkost byla odváděna z povrchu těla do okolního prostředí. Jestliže je odvod nedostatečný, dochází k přehřívání organismu a

voda se hromadí v oděvu a na kůži těla. Vlhkost pokožky je vyjádřena množstvím vyloučené vody – potu, závisí na fyzické námaze a na podmínkách vnějšího prostředí.

Teplota vzduchu pod oděvem

Jedním z ukazatelů přiměřenosti oděvu podmínkám jeho použití je teplota vzduchu mezi povrchem těla a první oděvní vrstvou. Optimální úroveň této teploty je dána fyzickou a psychickou aktivitou člověka, proto při jejím měření je potřeba tento fakt zohlednit. Např. pro člověka, který je ve stavu klidu, je optimální teplotou představující pohodu 30 - 32 °C. Pro osobu vykonávající těžkou fyzickou námahu je ideální teplota okolo 15°C. [7]

Obsah oxidu uhličitého pod oděvem

Oxid uhličitý je produktem látkové výměny vznikajícím při kožním dýchání a z prostředí mikroklimatu, který je pod ochranným oděvem, se odstraňuje odvětráním (prodyšnost, ventilace). Zvýšením obsahu oxidu uhličitého v pododěvu nad 0,8% se dostávají nepříjemné subjektivní pocity, způsobené zhoršením tepelného stavu organismu v důsledku narušení výměny tepla s okolním prostředím. Uvolňování oxidu uhličitého pokožkou se zvyšuje při fyzické práci v teplém prostředí. [7]

Senzorický (smyslový) komfort je tvořen vjemy a pocity člověka při přímém styku pokožky a první vrstvy oděvu. Pocity, které člověk pociťuje, mohou být příjemné, jako např. pocit měkkost, splývavosti nebo naopak nepříjemné a dráždivé, jako je například tlak, pocit vlhkosti, škrábání, kousání, píchání a lepení. Senzorický komfort lze rozdělit na komfort nošení a na omak.

Komfort nošení

Komfort nošení je ovlivňován charakterem použitých materiálů a konstrukčním řešením oděvu. Povrchová struktura a schopnost materiálu absorbovat a odvést plynnou či kapalnou vlhkost souvisí s fyziologickým komfortem. Konstrukčně musí být pracovní oděv řešen tak, aby vybrané mechanické vlastnosti ovlivňující rozložení sil a tlaků, nepůsobili člověku nepohodlí a neomezovali jej při dané činnosti.

Omak

Omak je značně subjektivní veličina založená na vjemech prostřednictvím prstů a dlaně. Parametry související s těmito vlastnostmi materiálu jsou ohebnost, stlačitelnost, pružnost, pevnost, hustota, dále povrchové charakteristiky jako drsnost, hladkost a tepelně-kontaktní vjem. [10]

3.4.5 Možnost údržby

Materiály, které se používají na výrobu ochranných oděvů pro opakované použití a oděvy z nich zhotovené musí být schopny údržby. Materiály musí být možno čistit praním nebo chemicky podle doporučení výrobce. Při údržbě by nemělo docházet k rozměrovým změnám, změnám funkční úrovně a měly by zachovávat původní barvu. Stálobarevnost při praní nebo chemickém čištění je důležitá zejména u těch oděvů, kde jsou kombinovány světlejší a tmavší barvy textilií. U některých materiálů může nevhodná údržba způsobit neodstranitelné vady a poškodit tak základní funkci ochranného oděvu. [7]

Doporučené čištění by měl uvést výrobce příslušnými symboly. Pokud symboly pro ošetřování připouštějí praní nebo chemické čištění či úpravu povrchu, musí se ochranný oděv prát podle ISO 6330 nebo chemicky čistit či upravovat podle ISO 3175. Rozměrovými změnami se zabývá norma ISO 5077. Rozměrové změny materiálu na ochranné oděvy nesmějí přesahovat $\pm 3\%$ po délce i šířce, pokud není v předmetové normě uvedeno jinak. [6]

3.4.6 Ostatní vlastnosti

Ostatní vlastnosti jsou rozhodující pro daný způsob použití ochranného oděvu.

Nehořlavost

Pro vyjádření hořlavosti se používá veličina LOI (Limiting Oxygen Index), která odpovídá množství kyslíku v procentech ve směsi s dusíkem potřebného k hoření. Za nehořlavá vlákna jsou označována ta, jejichž LOI je 26 a vyšší. Nehořlavosti oděvu se dosahuje použitím nehořlavých vláken nebo použitím nehořlavé úpravy. [14]

Odolnost vysokým teplotám

Materiály určené pro ochranné a pracovní oděvy do prostředí vysokých teplot mají za úkol nejen zabránit zapálení a šíření ohně, ale působit i jako bariéra proti pronikání vysokých teplot a ohně do dalších vrstev nebo na povrch těla. Tato vlastnost oděvu se uplatňuje hlavně v prostředích vysokých teplot a tam, kde je možnost styku pracovníka s otevřeným ohněm jako jsou hasiči, záchranáři, vojáci a pracovníci průmyslu.

Elektrické vlastnosti

Většina textilních vláken patří mezi izolátory. Avšak elektrická vodivost vláken není úplně nulová a závisí na obsahu různých přísad, resp. obsahu vlhkosti. Elektricky vodivých vláken se používá pro snížení statického náboje v oděvu.

Antistatičnost

Statický náboj vzniká kombinací oděru a tření. Důsledkem je statická přitažlivost, která způsobuje lepení, akumulaci prachu a špinění nebo odpudivost způsobující problémy při zpracování a užívání. Statický náboj je nežádoucí především v prostředích s nebezpečím výbuchu a v superčistých provozech.

Hydrofobnost

Hydrofobnost je schopnost odpuzovat vodu. Hydrofobními úpravami se potlačuje smáčivost textilie. Materiály s oleofobní úpravou odráží kromě odpuzování vody i látky olejovitého charakteru a mastnou špínu. Kromě snadnější údržby materiálů s nešpinavou úpravou je to ochrana proti vodě a jejímu prostupu skrz vrstvy oděvu. Materiály s hydrofobní úpravou se používají hlavně pro ochranné a pracovní oděvy do vnějšího prostředí.

Vysoká mechanická odolnost

Textilie s vysokou mechanickou odolností se v oblasti pracovních a ochranných oděvů používají jako ochrana proti mechanickým rizikům (oděru, proříznutí, propíchnutí, střelám). Obvykle mají tyto textilie také vysoký počáteční modul, odolnost vůči zvýšeným teplotám, působení chemikálií a další výjimečné vlastnosti.

Bariérová odolnost částicím

Odolnost proti prostupu částic skrze ochranný oděv se vyžaduje jednak jako ochrana uživatele a jeho oděvu před znečištěním okolním prostředím nebo jako ochrana před znečištěním člověkem v čistých provozech.

Vysoká viditelnost

Vysoká viditelnost ochranných a pracovních oděvů se dosahuje použitím výrazně barevných materiálů nebo reflexními či luminiscenčními materiály.

3.5 Materiály na pracovní a ochranné oděvy podle prostředí a profese

3.5.1 Ochranné oděvy proti mechanickým rizikům

Oblast použití

Jedná se celkem běžné materiály na oděvy určené pro řemeslnické práce jako jsou stavebníci, mechanici, truhláři malíři, tapetáři, natěrači, pracovníci v lakovnách a podobně. Oblečení je určeno jak do interiéru, tak exteriéru.

Vlastnosti a požadavky

Nejsou na ně kladeny zvláštní nároky. Hlavní funkcí je chránit člověka před znečištěním, proti menším rizikům a proti nenáročným klimatickým podmínkám. Normy, kterými se musí výrobci ochranných oděvů řídit, nebo normy vztahující se k této skupině jsou uvedeny v Příloze 1.

Materiály

Používanými materiály jsou bavlna, polyester, nylon a jejich směsi, tkanina nebo pletenina. Tkanina je nejčastěji v keprové vazbě. Textile jsou v různých barvách, nejčastěji námořnická modř, šedá, vínová, zelená a černá.

Základní vrstva může být doplněna podšívkou nebo v potřebných místech výstužemi a zesilujícími materiály. Podšívka bývá z polyesteru, nylonu, akrylu nebo umělá kožešina do chladnějších prostředí. Materiálem pro zpevnění je například Cordura.

Do chladného prostředí jsou určeny tepelně izolační materiály a hřejivé materiály jako fleec, flanel, umělá kožešina. Jako výplněk se používá polyesterová stříž, vatelín a tepelně izolační vložky. Proti vlhkému a deštivému počasí se vnější materiály impregnují nebo se nanáší zátěry z polvinylchloridu a polyuretanu.

Dalšími doplňujícími materiály zvyšující bezpečnost práce jsou reflexní materiály a materiály s vysokou viditelností. Pro zvýšení komfortu se používají membrány a mřížky, které zajišťují prodyšnost, zabraňují průniku vody a odolávají větru.

Cordura

Je tkanina firmy DuPont ze 100% nylonu s extrémní pevností a odolností proti oděru, zároveň je měkká a lehká. Především se používá ke zpevnění namáhaných míst jako jsou kapsy, kolena a rukávy. Je odolná vůči vodě i větru, proto se také používá jako základní materiál pro výrobu určitých zimních typů oblečení. [15]



Obr. 1.: Materiál Cordura. Zdroj [16]

3.5.2 Ochranné oděvy pro práce v chladném prostředí

Oblast použití

Prostředí nízkých teplot se týká exteriéru i interiéru. V interiéru jsou to například mrazírny a pracovníci zimních sportovních hal. Exteriér se týká všech profesí pracujících v zimním období venku. Oděv musí odpovídat činnosti člověka a podmínkám okolního prostředí.

Vlastnosti a požadavky

Oděv musí splňovat fyziologické požadavky, musí mít tepelně izolační vlastnosti, ze vnitř být paropropustný a z vnějšku pro vodu a vodní páry nepropustný, nesmí vyvolávat přehřívání organismu, střih oděvu nesmí omezovat, měl by mít nízkou hmotnost, trvanlivost a pevnost.

Materiál sám o sobě nehřeje, pouze plní funkci izolační. Tepelně izolační vlastnosti souvisí se schopností materiálu vést teplo a tedy tepelně-izolační schopnost materiálu je nepřímo závislá na součiniteli tepelné vodivosti. Ten je ovlivněn druhem vlákenného materiálu a strukturou textilie.

Zamezit úniku tepla lze použitím nevodivých materiálů v oděvu. Nejlepším izolátorem pro tento účel je vzduch. Vytvořením materiálu s co největším objemem vzduchu (mezi vlákny, v pórech vlákna, v dutinách) docílíme vynikajícího izolačního materiálu. Takového materiálu lze dosáhnout například použitím tvarovaných vláken, vláken s modifikovaným tvarem v příčném průřezu (dutých vláken, s výčnělky) nebo peří.

Základní funkční požadavky na ochranné oděvy určené pro práci venku a vystavené celoročním povětrnostním vlivům (déšť, sníh, mlha, vítr) stanoví norma ČSN 83 2733. Norma přesně definuje parametry tkaniny, resp. její mechanické, fyzikální a užitné hodnoty a stanoví i způsoby zkoušení jednotlivých parametrů. Normy jsou uvedeny v Příloze 1. [8]

Používané materiály

Peří

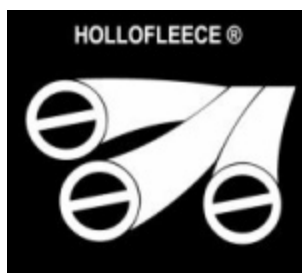
Peří je nejvýkonnějším izolačním materiálem. Je nejlehčí a má tepelně izolační vlastnosti lepší než materiály ze syntetických tkanin. Peří má ale oproti těmto tkaninám vyšší navlhavost, proto se hodí spíše do prostředí extrémně nízkých teplot, kde je nízká i vlhkost vzduchu. Aby mělo peří co nejlepší izolační vlastnosti musí být kvalitní, z vodních ptáků (husí, kachní nebo kajčí), nesmí být chemicky upravováno, aby se nezbavilo přírodní mastnoty, která je chrání před vlhkem (a tedy nesmí být ani chemicky čištěno) a náplň musí obsahovat vysoké procento prachového peří. [17]

Fleece

Je syntetický materiál z něhož se vyrábí oděvy do chladného prostředí. Nejčastěji je na jeho výrobu použit 100% polyester, ale může být kombinován s vlnou, bavlnou, viskózou nebo jinými syntetickými vlákny. Materiál je lehký a přitom dobře izoluje teplo, je hydrofobní (navlhavost méně než 1%), rychle schne a je možno jej vyrábět z recyklovaných PET lahví.

Nevýhodou materiálu je hořlavost, neabsorbuje pot tak jako přírodní materiály z bavlny a vlny, má sklon k tvorbě elektrostatického náboje, není větruvzdorný, může se snadno trhat a při praní vyžaduje nízké teploty. Některé nevýhody se dají eliminovat kombinací materiálů ve směsi nebo ve vrstvení s jinými materiály. [12]

Specifickým fleece materiálem je produkt **Hollofleece**. Je to měkká a pružná látka, která se anatomicky přizpůsobuje tvaru těla. Je velmi příjemná na dotek. Odolává větru a vlhkosti. Díky své třívrstvé konstrukci dobře zachovává teplotu těla. Jako vnitřní izolace je použito rouno s dvoukomorovým dutým vláknem, které zajišťuje dobré tepelně-izolační vlastnosti. [18]



Obr. 2.: Dutá vlákna materiálu Hollofleece. Zdroj [19]

Rouna

Rouna jsou spleť vláken spojených chemickým pojením nebo mechanickým vázáním, proplétáním či vpichováním. Vyznačují se měkkostí, objemností a malou hmotností. Čím jsou objemnější, tím více zadržují vzduch a tím jsou hřejivější. Materiál pro výrobu roun je polyester, polyamid, polypropylen nebo jejich směsi. Použitím tvarovaných a dutých vláken se dosáhne větší objemnosti a zároveň menší hmotnosti díky potřebě menšího množství materiálu pro dosažení stejného izolačního efektu. Na trhu se objevuje velké množství, uvedeno jsou dvě: Vatelín a Saxima.

Vatelín je objemové rouno chemicky pojené a prošívané. Je tvořeno ze 75-95% PES vláken a z 5-25% akrylátovým pojivem, vyrábí se o plošné hmotnosti 100, 150 a 200 g.m⁻². Kombinací s dutými vlákny a nižším obsahem pojiva jsou zvýšeny jeho tepelně-izolační vlastnosti a dosahuje se tím vysoká užitná hodnota. Kromě oděvních účelů se také používají v čalounickém průmyslu, ve výrobě nealergických příkrývek a

polštářů, podšívek. Alternativními názvy jsou rouno, oteplovací vložka, tevyro, vafix. [20]

Saxima jsou mikrovláknenná rouna ze 100% polypropylenu. Jsou nenavlhavé (navlhavost méně než 1%), zachovávají si tepelné vlastnosti i ve vlhkém prostředí a rychle schnou. Praním získávají na měkkosti a poddajnosti, přitom neztrácí izolační vlastnosti a srážlivost mají nižší než 3% v obou směrech. Tepelné izolace Saxima jsou nabízeny jako třívrstvé a dvouvrstvé kompozitní textilie. Vyrábí se v několika plošných hmotnostech. [21]

Příklady používaných trendových vláken pro zateplování oděvů:

Duotherm

Duotherm je tepelně izolační materiál firmy Condor vyznačující se velmi dobrým poměrem hmotnosti a izolační schopnosti. Díky vyšší mechanické odolnosti má delší životnost. Je vyroben ze směsi dutých vláken a mikrovláken značky Trevira. Mechanickou pevnost materiálu dává velmi lehká nosná síťka (cca 7g/m²), která je vložena mezi dvě vrstvy tepelně spojených vláken. Obě vrstvy jsou tvořeny z vertikálně orientovaných vláken, která dávají materiálu velmi vysoký vzduchový objem a tím i velmi dobré izolační vlastnosti. Vertikální orientace vlákna zlepšuje mechanické vlastnosti - pružnost materiálu, objem při zatížení a odolnost proti slehnutí. [22]



Obr. 3.: Vláknenná struktura materiálu Duotherm. Zdroj [23]

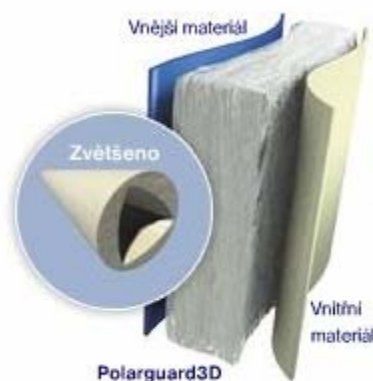
Thinsulate

Thinsulate je mikrovláknenný tepelně izolační materiál používaný na výrobky do extrémně chladného klimatu. Obsahuje 100% polyesterových vláken s jemností 15 μm. Povrchová plocha je 20x větší než u klasických dutých vláken, proto je v něm zachyceno více vzduchu při stejném objemu materiálu. [12]

Polyguard 3D

Polyguard 3D je jeden z nejlepších materiálů používaných v extrémních podmínkách s vysokou odolností, životností a malou hmotností. Základem je nekonečně duté mikrovlákneno s dutinou tvaru trojúhelníku. Vlákneno se stáčí do smyček

a v místech křížení se tepelně svařuje. Výsledkem je odolný, vysoce trvanlivý, pružný materiál, který si zachovává vzduchový objem i po dlouhodobém používání, stlačování, praní a sušení. Na povrchu vláken je díky jejich mikroskopickým rozměrům a vysoké hustotě vázáno tak velké množství vzduchu, že se Polyguard 3D svými izolačními vlastnostmi i měkkostí nejvíce přibližuje peří. Vlákná se nesesetřávají, neoddělují, necuchají a netvoří chomáče či ztenčená místa ani po letech používání. [24]



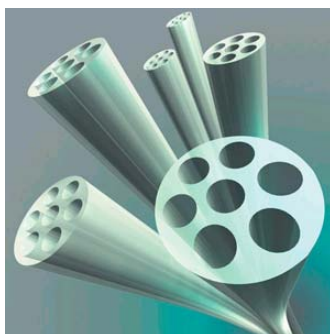
Obr. 4.: Struktura materiálu Polyguard 3D. Zdroj [19]

Hollowfibre 1, 4, 6

Hollofibre jsou dutá spirálově stočená polyesterová vlákna s jedním, čtyřmi či šesti kanálky. Díky pružné vazbě mají vlákna výborný loft (vzduchový objem). Díky vrstvě silikonu na povrchu vláken je dosaženo maximální životnosti, vlákna výborně izolují i při vysoké vzdušné vlhkosti a jsou rychle schnoucí a nealergická. [24]



Obr. 5.: Vlákná Hollifibre 1, 4 a 6. Zdroj [19]



Obr. 6.: Příklad dutého vlákna - sedmidutinkové vlákno Invista Quallofil. Zdroj [25]

3.5.3 Ochranné oděvy proti teple a ohni

Oblast použití

Jedná se o oděvy pro hasiče, svářeče, záchranáře, pro pracovníky v prostředí s nebezpečím výbuchu, průmyslových odvětvích, zejména v automobilovém, kovozpracujícím a sklářském průmyslu. Oděv pro pracovníky v prostředí s nebezpečím výbuchu má umožnit jejich nositeli uniknout z nebezpečné situace a chránit ho před ohněm po určitou limitovanou dobu. Pro boj s ohněm jsou určeny hasičské zásahové obleky a od oděvů pro záchranáře a pracovníky v průmyslu se liší konstrukcí.

Vlastnosti a požadavky

Oděvy pro hasiče a záchranáře musí vykazovat odolnost vůči vysokým teplotám, mechanickému namáhání, musí být nehořlavé, antistatické, odolné proti průniku vody a vodních par, nesmí omezovat pohyb nositele a musí splňovat vysoký fyziologický komfort při dlouhodobém používání (dobrý odvod vlhkosti a prodyšnost). Textilie musí být kromě uvedených vlastností také schopná zabránit pronikání tepla a ohně k dalším vrstvám nebo k povrchu těla. Proto je potřeba, aby vlákna nebyla termoplastická a aby odolávaly pyrolýze do cca 400°C. Takto se chovají jak aromatické polyamidy, tak celá řada dalších polymerů, jejichž LOI je větší než 30 (PE, PA, PES) [26].

Oděvy pro hasiče a záchranáře se obvykle skládají z materiálů pro vrchní ochrannou vrstvu, vlhkostní bariéru, izolační vrstvu a jsou opatřeny výstražnými (reflexními) doplňky.

Ochranné oděvy pro pracovníky v průmyslu jsou určeny k ochraně proti krátkodobému styku s plamenem a nejméně proti jednomu druhu sdílení tepla. Oděvy se sestávají z vnějších součástí oděvů vyrobených z ohebného materiálu, které chrání určené části trupu. Teplo může být sdíleno prouděním (konvekci), sáláním (radiací), velkými částicemi rozstříknutého roztaveného kovu, nebo kombinací těchto tepelných rizik.

Normy uvedené ochranné oděvy hasičů, záchranářů a ostatních profesí jsou uvedeny v příloze 1.

Oděv pro hasiče a záchranáře bývá obvykle soustavou několika vrstev, z nichž má každá určitou funkci. Proto je zvoleno následující rozdělení materiálů: vrchní materiál, vlhkostní bariéra a tepelně-izolační bariéra.

Používané vrchní materiály:

NOMEX

Jsou meta-aramidová vlákna firmy DuPont. Jsou vhodné jako ochrana proti působení vysokých teplot. Mají sníženou hořlavost, vysokou termickou odolnost,

elektrické isolační schopnosti, jsou antistatické a odolné vůči agresivním chemikáliím. Dlouhodobě odolávají teplotám až 300°C, přičemž si zachovávají rozměrovou stabilitu a vysokou hodnotu pevnosti v tahu. Nomex nehoří jako bavlna, ani nekape nebo se neroztaví ve styku s ohněm jako polyesterové látky. Nomex je také odolný proti průmyslovým olejům, rozpouštědlům a chemickým látkám.

Obecně se každá tkanina při styku s plamenem srazí a vytěsni se vzduchová izolační vrstva mezi textilií a pokožkou. Srážením dochází ke vzniku trhlin v textiliích a tím roste nebezpečí popálení. Oproti běžným tkaninám se při styku s plamenem meta-aramidová vlákna srážejí podstatně méně. Přímísením určitého množství para-aramidových vláken se omezí srážlivost tkaniny při styku s plamenem až na pouhých 3 – 5%. Para-aramidy přinesly zároveň významné zvýšení pevnosti látek. Proto se pro ochranné oděvy často využívá přízí směsi meta a para-aramidů. Meta-aramidy tvoří pěnovitou bariéru a para-aramidy zajišťují její integritu.

Ochranné vlastnosti vlákna Nomex jsou stálé a nemění se ani opakovaným praním. Obvykle se používají v kombinaci s jinými materiály.

Dalšími typy jsou například, NOMEX III, NOMEX Antitatic, NOMEX Comfort. Jiným materiálem z meta-aramidů je například kermel. [27] [28]

KEVLAR

Jsou para-aramidová syntetická vlákna firmy Du Pont. Jsou lehká, mají vysokou pevnost v tahu, modul, odolnost proti oděru, nekorodují, mají výborné dynamické tlumicí vlastnosti, poskytují vysokou ochranu proti průřezu, odpuzují teplo a jsou pružná.

Mimořádně vysoká pevnost v tahu (cca. 3000MPa) při nízké specifické hmotnosti je srovnatelná jen s uhlíkovými vlákny. V porovnání s ocelí stejné hmotnosti, je Kevlar 5x silnější než ocel. Vlákna Kevlar jsou stabilní do teploty 150°C, jejich mechanické vlastnosti se sníží přibližně o 30%, jsou-li vystavena teplotě 250°C po dobu 8 hodin. Oproti klasickým vláknům netají a netvoří tak hladkou vrstvu nataveného polymeru napomáhající pronikání střely. Proto jsou vhodná pro výrobu ochranných textilií odolných vůči rázovému namáhání jak při nízkých, tak i vysokých rychlostech.

Nevýhodou je snadné nabíjení statickou elektřinou a malá odolnost proti účinkům světla. Ultrafialové světlo Kevlar znehodnocuje a rozkládá, proto se vzácně používá ve volné přírodě bez ochrany proti slunečním paprskům. [27] [29]

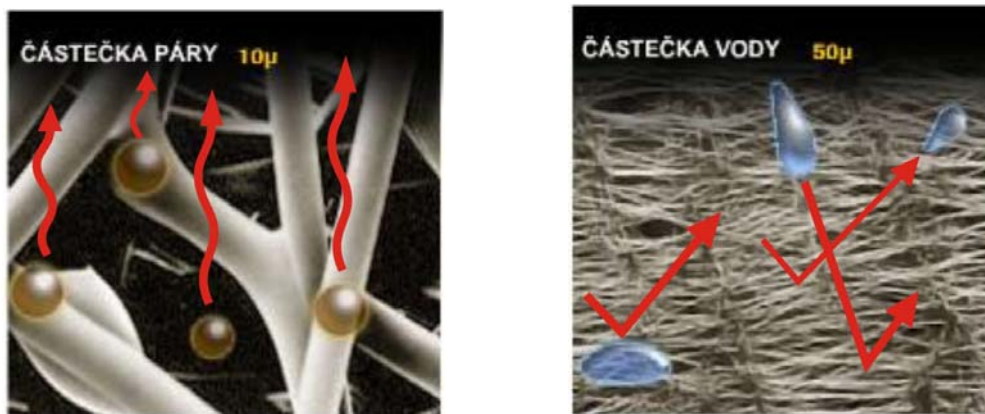
Osobní ochranné pomůcky vyrobené z vlákna KEVLAR chrání pracovníky v mnoha průmyslových odvětvích, zejména v automobilovém, kovozpracujícím a sklářském průmyslu. Ochranné oděvy, rukávce a rukavice účinně chrání proti pořezání i popálení. Rukavice z tohoto materiálu mají ve srovnání s koženými 5x vyšší odolnost vůči řezu a 2-3x větší než rukavice bavlněné a polyamidové. Znáмым pojmem je neprůstřelná vesta z kevlaru. [30]

Používané materiály pro vlhkostní bariéru – membránové materiály

Vlhkostní bariéru tvoří funkční membrána, která je odolná proti vodě, chemikáliím, ale zároveň je prodyšná. Membránové materiály vznikají spojením membrány a nosné textilie. Membránové materiály se označují také jako lamináty, jelikož membrána a nosná textilie jsou spojeny laminací (výjimka je z-liner). Dělí se podle počtu vrstev. Membrána je tenká vrstva polymerního materiálu o tloušťce 0,2 μm – 10 μm . Jejím úkolem je zadržovat vodu zvenčí a zároveň umožnit prostup vodních par. Nejčastějším materiálem pro výrobu membrán se používá polytetrafluoretylen (PTFE), polyester (PES) nebo polyuretan (PU).

Používají se dva druhy:

- mikroporézní membrány (GORETEX)
- hydrofilní membrány (SYMPATEX)



Obr. 7.: Mikroporézní membrána GORE-TEX. Vlevo průchod částec páry o velikosti 10 μm , vpravo neprostupnost částec vody o velikosti 50 μm . Zdroj [31]

GORE-TEX

Velikost pórů mikroporézní membrány je přibližně 20 000krát menší než je kapka vody a přitom 700krát větší než molekuly vodní páry. Voda v kapalném skupenství tak proniknout membránou nemůže, kdežto v plynném prostupuje snadno. Pro zajištění větruvzdornosti jsou póry rozmístěny chaoticky, s lomenými dráhami.

Problémem bývá ucpávání póru nečistotami jako je prach, tukové prachové částice, soli, prací prostředky. To snižuje funkční trvanlivost membrán. [31]

Nejstarší membránu představuje GORE-TEX FABRIC. Vyrábí se jako dvojvrstvý, kde podšívka zůstává volná a membrána úzce přiléhá k vnější vrstvě. V třívrstvé variantě je membrána uprostřed, překrytá vrchním materiálem a podšívkou.

Novějším typem je GORE-TEX XCR (Extended Comfort Range) se zdokonalenou membránou a s látkou extrémně odolnou proti oděru a roztržení. Vykazuje až o 25% vyšší prodyšnost a dokonalejší odpařování potu. Dostupný je dvouvrstvý i třívrstvý.

Nejnovějším typem je GORE-TEX PACLITE. Je zaměřen na co nejmenší hmotnost, umožňuje lehčí a rychlejší pohyb při udržení vysokého komfortu propustnosti a ochrany proti nepřízní počasí. Je o 15% lehčí než klasická verze.

Dalším nezastupitelným druhem gore-texových membrán je SOFT SHELL FABRIC. Vyznačuje se výbornou paropropustností, ovšem nepronikavost je malá. Obsahuje termoizolační vrstvu.

Přímo pro výrobu hasičských a zášahových oděvů je určen materiál GORE-TEX FIREBLOCKER, který je odolný proti vodě, větru a chemikáliím a zároveň prodyšný.

Všechny materiály Gore-Texu vynikají spojením vysoce pevných a kvalitních tkanin s membránou Gore-Texu, která zajišťuje vysokou nepromokavost a další charakteristické vlastnosti. Dvojvrstvé lamináty jsou obecně lehčí a propustnější. Třívrstvé lépe odolávají mechanickému namáhání a tudíž i opotřebování, ale zpravidla mívají o trochu nižší prodyšnost a vyšší hmotnost. [32]

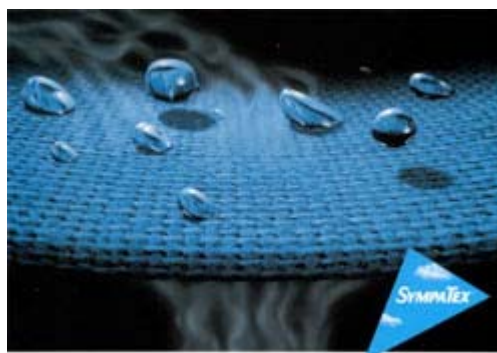


Obr. 8.: Princip materiálu Gore-Tex. Zdroj [33]

SYMPATEX

Je hydrofilní membrána, jež nemá žádné otvory a přenos par skrz materiál probíhá chemickou cestou. Vlhkost se přenáší tak, že se voda stane na určitou dobu součástí membrány. Údržba těchto membrán je snazší než u porézních, jelikož zde nemůže dojít k zanesení pórů. Pro svou schopnost přizpůsobit se tělesným změnám získali přívlastek „chytré membrány“. Při námaze stoupá tělesná teplota a zvyšuje se tvorba potu. Vlivem vyšší teploty se molekuly v membráně pohybují rychleji, vzdálenosti mezi nimi se zvětšují a schopnost propouštět páru úměrně narůstá.

Sympatex je neporézní hydrofilní membrána z modifikovaného polyesteru o tloušťce 0,015 mm. Je to směs 80% polyesteru a 20% polyesteru kopolymeru. Výška vodního sloupce této membrány je 3 tis. mm. [34]



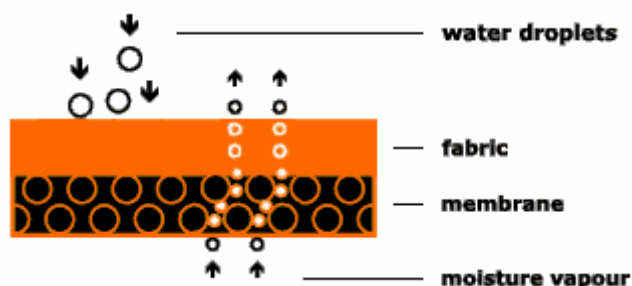
Obr. 9.: Membrána Sympatex. Zdroj [35]

GELANOTS

Je neporézní membrána ze speciálního polyuretanu, paropropustnost minimálně 20 000g H₂O/m² za 24hod, nepromokavost minimálně 20 tis. mm sloupce H₂O. [36]

PORELLE

Membrána Porelle je neporézní hydrofilní membrána, kde přenos vlhkosti zajišťují řetězce molekul. Výhodou neporézního materiálu je to, že nemůže dojít k porušení struktury materiálu a změně parametrů při dlouhodobém zanášení nečistotami. Proto mají výrobky s Porelle membránou podstatnou výhodu snadnější údržby a praní. Porelle je vysoce prodyšná voděodolná membrána, která zároveň tvoří bariéru proti bakteriím, krvi a chemickým látkám. [37]



Obr. 10.: Princip membrány Porelle. Zdroj [38]

Používané materiály pro tepelně izolační bariéru

Jako tepelně izolační bariéra jsou použity pleteniny, netkané textilie, tkaniny nebo vícevrstvé konstrukce.

PARALINEX

Je účinný jako vnitřní izolační vrstva proti vodivému, radiačnímu a konvekčnímu teplu. Skládá se z jedné nebo dvou vrstev fleecce (50% Nomex® "Delta C™", 50% Kevlar®) a prošívané látky (100% Nomex® "Delta C™"). Speciálním prošíváním jsou mezi vrstvami materiálu tvořeny vzduchové polštáře, které působí jako tepelně izolační bariéra. Nejčastěji používaným typem u nás je PARALINEX II. [39]

DUFELT® QGA 522

Materiál Dufelt® QGA 522 se používá jako tepelná bariéra hasičského oděvu. Zabraňuje průniku sálavého tepla k tělu hasiče. Použit je například v hasičské zásahové uniformě Fénix. [40]

3.5.4 Protichemické ochranné oděvy

Oblast použití

Protichemické ochranné oděvy chrání v prostředí v němž je možná přítomnost zdraví nebo životu nebezpečných koncentrací agresivních nebo toxických látek a možnost potřísnění aerosolem nebo kapalinami. Jedná se o oděvy pro částečnou nebo celkovou ochranu těla a dýchacích cest.

Příkladem ochranného oděvu pro ochranu celého těla jsou nedělené kombinézy nebo dvoudílné oděvy, s kuklou nebo bez ní, s hledím nebo bez něj, s integrovanými vložkami (ve tvaru punčochy) nebo bez nich, s rukavicemi nebo bez nich.

Oděvní součásti nabízející částečnou ochranu těla na určité části těla proti permeaci kapalných chemikálií jsou například laboratorní pláště, bundy, kalhoty, zástěry, rukávy, kukly (bez dodávky vzduchu).

Vlastnosti a požadavky

Protichemické ochranné oděvy jsou navrženy pro ochranu před tuhými látkami, kapalinami nebo plyny a výpary. Jsou jednorázové nebo na opakované použití. Podle stupně nebezpečí jsou ochranné oděvy pro omezené použití nebo pro vysoký stupeň ochrany. Oděvy pro vysoký stupeň ochrany poskytují ochranu celého těla včetně zajištění přístupu vzduchu.

Ochranný oděv proti chemikáliím pro omezené použití je určen k použití v případě potenciální expozice lehkému postřiku, kapalným aerosolům nebo nízkému tlaku, nízkým objemům rozstřiku, kde není požadována naprostá kapalinová bariéra proti permeaci (na molekulární úrovni).

Kompletně zapouzdřené obleky obklopují tělo a izolují ho od okolního ovzduší. Pro přívod vzduchu je nutný dýchací přístroj se stlačeným vzduchem, nebo dýchací přístroj s přívodem vzduchu ze vzduchové hadice, nebo kompresoru.

Sledovanými vlastnostmi jsou odolnost proti hoření, odolnost proti penetraci (průniku) kapalin, odolnost proti permeaci chemikálií, odolnost proti plamenu, odolnost proti propíchnutí, odolnost proti protržení, odolnost proti vzniku trhlin při ohýbání, odolnost proti vzniku trhlin při ohýbání při -30°C, odolnost v oděru, odpudivost ke kapalinám, pevnost v dalším trhání lichoběžníkovou metodou, pevnost v tahu.

Podle požadavků potřeby oděvy chrání jen část těla proti kapalným a tuhým chemikáliím nebo chrání celé tělo včetně dýchacích cest. Můžou poskytovat ochranu proti elektrostatickým výbojům, kontaminaci radioaktivními částicemi a infekčními nemocemi. Jednorázové ochranné oděvy jsou vhodné pro ochranu citlivých pracovních procesů a produktů proti kontaminaci člověkem ve sterilním prostředí. [8] [41]

Normy související s problematikou protichemických ochranných oděvů jsou uvedeny v Příloze 1.

Materiály

Pro výrobu ochranných protichemických oděvů se používá kombinace materiálů, kde každý materiál plní svou funkci. Materiály jsou vrstvené, laminované nebo nánosované. Požadavky na materiály jsou brány z hlediska celkového pohledu na oděv a jeho konstrukci a zkouší se jako celkový oděv. Kritériem pro rozdělení protichemických oděvů vzhledem k závažnosti rizik jsou především vlastnosti materiálu. Podle toho je lze rozdělit na:

- materiály na protichemické oděvy odpovídajících zkoušení podle ČSN EN ISO 6530, při kterém kapalná chemikálie proniká dírami nebo většími otvory přes ochranný oděvní materiál

- materiály na protichemické oděvy odpovídajících zkoušení podle ČSN EN ISO 6529, při kterém chemikálie proniká přes ochranný oděvní materiál na molekulární úrovni
- materiály pro plynotěsné protichemické ochranné oděvy podle ČSN EN 464, které zajišťují deklarovanou ochrannou vlastnost (tj. plynotěsnost a protichemickou odolnost)

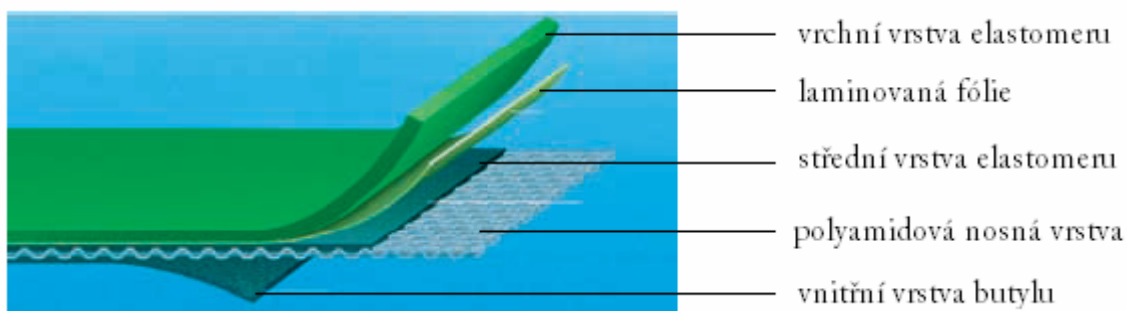
Hlavními zástupci pro lehké protichemické oděvy jsou oděvy z materiálů TYCHEM, TYVEK firmy DuPont a CLEENGUARD. Tyto oděvy jsou určeny proti chemikáliím a ušpinění pro krátkodobé použití.

Častým materiálem pro přetlakové oděvy je butylkaučuk. Příkladem přetlakového oděvu jsou OPCH 90, který je z butylkaučuku s retardérem hoření, nebo TRELLCHEM, který má na vnější straně vrstvu z Vitonu. Viton je produkt firmy Dupont, je to fluorelastomer vyznačující se vynikající odolností vůči vysokým teplotám (200°C), agresivním plynům a chemikáliím. [42]



Obr. 11.: Protichemický oděv OPCH – 90. Zdroj [43]

Dalším protichemickým ochranným oblekem pro týmy záchranářů je Vautex Elite ET, který je kombinací látky potažené vrstvou elastomeru a několikavrstvé speciální folie. Vautex Elite ET poskytuje optimální ochranu před nebezpečím v podobě tuhých látek, plynů a kapalin. Vyznačuje se zvýšenou odolností vůči mechanickému tlaku, ohni i nízkým teplotám (–60°C) a přitom je dostatečně pružný a nebrání v pohybu. Velké integrované průzory umožňují redukci hmotnosti v hlavové části a zvyšují pohodlí při nošení. Dalšími prvky jsou odnímatelná zádová vycpávka, elektronická identifikace transpondérem (zařízení pro účely pátrání a záchrany), plynotěsný zip s krytem a vyměnitelný systém rukavic a holínek. [44]



Obr. 12.: Složení materiálu Vatelux Elite ET. Zdroj [45]

3.5.5 Balistické ochranné oděvy

Oblast použití

Ochrana proti střelám a proti bodným a řezným ranám je zapotřebí v armádě, pro jednotky zásahové police a také pro myslivce. Hlavní použití je prostřednictvím neprůstřelných vest a vest proti střepinám.

Vlastnosti a požadavky

Balistická odolnost neprůstřelných materiálů je dána počtem vrstev aramidové nebo polyethylénové tkaniny, její dostavou, jemností vláken a plošnou hmotností. Třída balistické odolnosti přesně vymezuje proti jakým střelným zbraním a projektilům musí vesta z těchto materiálů bezpečně svého uživatele chránit. Jednotlivé třídy balistické odolnosti určují normy. Nejčastěji používanou je americká norma NIJ 0101.3, česká norma je ČSN 395360. Tyto třídy balistické odolnosti jsou doloženy certifikací Státní zkušebny zbraní a střeliva Praha a Vojenským technickým ústavem výzbroje a munice Slavičín.

Konstrukce všech vest musí být taková, aby kryla životně důležité části trupu, ramen, krku a klínu. Vesta se musí snadno oblékat a bezpečně zapínat pomocí stuhových uzávěrů v kombinaci s pruženkami. Zapínání musí splňovat svoji funkci i za nepříznivých klimatických podmínek nebo v případě fyzického kontaktu. Vesta nesmí výrazně omezovat uživatele při jeho činnosti, musí umožňovat normální pohyb při chůzi, zákrocích, střelbě a při jízdě automobilem.

Textilní neprůstřelné vrstvy

Textilní neprůstřelné vesty jsou vesty, které sestávají pouze z textilních vrstev, můžou bezpečně chránit svého uživatele před účinky krátkých ručních zbraní a před projektily s měkkým (olověným) jádrem letícími maximální rychlostí 480m/s.

Vesta s pancéřovým štítem

K textilní vrstvě je přidán flexibilní pancéřový štít, který se vkládá do kapes umístěných v přední a zadní části vesty. Štít se skládá z malých, speciálně tepelně zpracovaných ocelových destiček, které se vzájemně překrývají a jsou zašity v samostatných textilních pouzdrech. Takováto vesta poskytuje ochranu proti projektilům s tvrdým jádrem (ocelovým nebo mosazným) vystřeleným z krátkých ručních zbraní do maximální rychlosti 500 m/s.



Obr. 13.: Ukázka flexibilního pancéřového štítu. Zdroj [46]

Vesty s keramickým štítem

Podobně jako u vesty s pancéřovým štítem se vkládá do textilní vesty z přední a zadní části ochranný štít. Keramický štít poskytuje ochranu proti projektilům vystřeleným z dlouhých zbraní, kde rychlost střely dosahuje až 960 m/s.

Protistřepinové vesty

Protistřepinové vesty jsou používány hlavně v armádě v bojovém nasazení. Stupeň ochrany proti střepinám se stanovuje podle americké normy STANAG 2920.

Antišoková ochrana

Pro zvýšení efektu ochrany před účinky projektilů se neprůstřelné vesty vybavují tzv. antišokovými vložkami snižujícími riziko šoku způsobeného dopadem projektilu při zásahu vesty. Tyto vložky se umísťují ve vestě směrem k tělu a sestávají z materiálů schopných absorbovat kinetickou energii, případně ji rovnoměrněji rozložit na větší ploše. Normy stanovují, jak hluboký a objemný otisk v plastelině, imitující lidské tělo, může při zkušebních střelbách zanechat projektil. Americká norma NIJ připouští maximální hloubku 40 mm, ČSN 39 5360 stanoví maximální hloubku 2 mm a jeho maximální objem pouze 8 mm. [47]

Kromě vložky se také používá protišokové tričko, které díky konstrukci vláken pomáhá tento průhyb zmenšit o zhruba polovinu, rozložením kinetické energie na větší plochu. Současně plní i hygienické požadavky na větrání těla a odvod potu. [48]



Obr. 14.: Zkoušení antišokové ochrany pomocí plastelíny. Zdroj [49]

Používané materiály

Aramidová vlákna

Obecně mají vysokou odolnost při vysokých teplotách, pevnost a Youngův modul pružnosti. Jsou nehořlavá a odolné proti mnoha chemikáliím. Název vznikl zkrácením názvu „aromatický polyamid“. Používají se obvykle v kombinaci s jinými materiály. Aramidovými vlákny používanými pro balistickou ochranu jsou například vlákna pod názvy Kevlar, Twaron (firma Teijin). Více viz kapitola 3.6.3 Ochranné oděvy proti teplu a ohni.

Vysocepevný polyethylen

Výhody vysocepevného polyethylenu jsou dány schopností absorbovat extrémní množství deformační energie. Z toho důvodu se používá na textilie chránící proti pořezání, propíchnutí nebo prostřelení. Je elektricky nevodivý a zachovává si pevnost i ve velmi nízkých teplotách. V porovnání s aramidy a uhlíkovými vlákny mají tato vlákna odolnost vůči opakovanému ohybu a oděru podstatně vyšší. Jejich základní výhodou je odolnost vůči působení chemikálií, světla a UV záření (nejsou-li mu dlouhodobě vystaveny).

Základní nevýhodou je poměrně nízký bod tání mezi 144 až 155°C. Maximální reálná teplota pro použití se pohybuje v rozmezí 80 až 100°C. Při expozici plamenem dochází k výraznému smrštění. Mezi nevýhody patří poměrně výrazný creep (tečení při dlouhodobém zatížení) a další viskoelastické projevy citlivé zejména za zvýšení teploty, kdy se také výrazně zhoršují mechanické charakteristiky vláken.

Kromě neprůstřelných vest se také hodí na výrobu extra lehkých helem, silných námořních lan a kompositních struktur. Na trhu se objevují vlákna z vysocepevného materiálu pod názvy Deneema (DSM Holandsko), Spectra (Honeywel USA), Texmilon (Mitsui Japonsko). [27]

3.5.6 Ochranné oděvy s antistatickými vlastnostmi

Oblast použití

V rizikovém výbušném prostředí, kde se manipuluje s hořlavými či výbušnými látkami je zapotřebí použít antistatické oděvy, které zápalným výbojům zabráňují. Takovými místy jsou například výroba výbušnin, přečerpávání pohonných hmot, rafinérie.

Další skupinou, kde se nutně používat antistatické ochranné oděvy, je prostředí mikroelektroniky a jiných technických odvětví, kde je zapotřebí ochrana elektrostaticky citlivých součástek

Vlastnosti a požadavky

Jako preventivní ochrana v prostředí, kde hrozí nebezpečí výbuchu hořlavých plynů par a prachů, je důležité používání ochranných oděvů z vhodných materiálů.

Konstrukce látky oděvu musí v souladu s technickou normou spolehlivě odvést s povrchu oděvu elektrický náboj, který se na něm vytváří třením v souvislosti s pracovní činností a pohybem. Tyto statické náboje dosahují řádově desítek tisíců voltů (20 až 30 kV) a jejich energie při vybití je dostatečná k tomu, aby za podmínky výskytu výbušné látky (směs plynu nebo prachu se vzduchem), mezi spodní a horní mezí výbušnosti, způsobila explozi. Může tak vzniknout výbuch, zejména u plynů s vysokou citlivostí (např. vodík, ethylen, propylen, sirovodík). Proto se v prostorech s nebezpečím výbuchu musí používat oděvy s antistatickou úpravou a to vždy v kombinaci s obuví v antistatickém provedení, která zajistí odvedení náboje do podložky. [28]

Druhou skupinou oděvů s antistatickými vlastnostmi jsou antistatické oděvy zajišťující ochranu elektrostaticky citlivých součástek (ESD - Elektrostatic sensitive devices) a antistatické oděvy pro ochranu elektrostaticky citlivých součástek pro čisté prostory (ESD/CRC - Clean room clothing elektrostatic sensitive devices).

Antistatické oděvy musí zajišťovat ochranu elektrostaticky citlivých součástek před elektrostatickými výboji a polí tak, že odvedou náboj statické elektřiny z povrchu těla pracovníka. K poškození citlivých elektronických součástek může dojít při jejich výrobě nebo manipulaci s nimi. Více viz. kapitola 3.6.11 Ochranné oděvy do čistých prostorů.

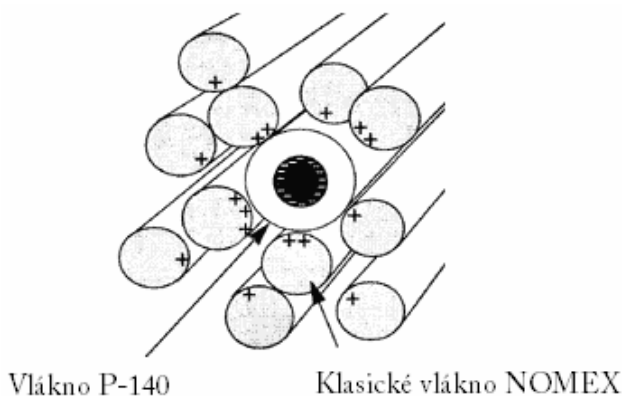
Normy související s problematikou antistatických oděvů jsou uvedeny v Příloze 1.

Materiály

Antistatických vlastností se u textilních materiálů dosahuje například zvýšením hydrofility nebo začleněním elektrovedivých materiálů, které výrazně snižují povrchový odpor a zabráňují tak vzniku elektrostatického náboje.

Principem běžných antistatických úprav je tvorba hydrofilního filmu na povrchu textilie. Pro stálou antistatickou úpravu se volí neionogenní povrchově aktivní látky nebo hydrofilní pryskyřice. Obvykle jde o kopolymery obsahující polyoxiacetyleny, polyaminy, estery kyseliny polyakrylové, polyetherestery obsahující kyselinu tereftalovou a řadu dalších látek. Příkladem trvalé antistatické úpravy je přípravek Permalose. Jedná se o blokový kopolymer polyesteru a etylenoxidu. Při použití tohoto prostředku se část polyesterového bloku absorbuje do polyesterového vlákna a část polyetylénoxidu zůstává na povrchu, kde slouží jako centra pro interakci s vodou. [27]

Vodivá vlákna zajišťují v textilních strukturách dostatečně vysokou a stálou elektrickou vodivost. Používají se vlákna kovová nebo uhlíková. Pro dosažení antistatických účinků stačí velmi malé procento vodivých vláken, v tkanině to bývá 1 až 1,5 %. Elektrovodivé materiály jsou do textilií aplikovány v podobě mřížky, která je zatkována do osnovy, nebo se využívá náhodného uložení kovových vláken v přízích, které jsou vetkány do látky. Speciálními vlákny pro tyto účely jsou například antikorozi vlákna firmy BEKINOX nebo speciální uhlíková vlákna v polyethylenovém obalu. Zapouzdřené uhlíkové vlákno je patentem americké firmy DuPont. Náboj je odváděn na induktivním principu. Podmínkou je používání antistatické obuvi k uzemnění. [28]



Obr. 15.: Vlákno -140 se skládá z vodivého uhlíkového jádra a ochranného polyamidového obalu. Zdroj [50]

3.5.7 Ochranné oděvy s vysokou viditelností

Oblast použití

Ochranné oděvy s vysokou viditelností se používají v prostředí, ve kterém by mohlo dojít k ohrožení v důsledku sníženého vnímání. V tomto případě se jedná o snížené vnímání, které je způsobeno nízkým barevným kontrastem oděvu běžného typu vzhledem k okolnímu terénu. Výstražný oděv s vysokou viditelností je oděv, který je viditelný i za zhoršených světelných podmínek.

Jedná se o prostředí hasičů, záchranářů, osob pohybujících či provádějících činnost v silniční dopravě, na železnici, v průmyslové zóně a pod.

Vlastnosti a požadavky

Požadavky na oděv, který má být schopný vizuálně signalizovat přítomnost uživatele určují normy. Výstražný oděv s vysokou viditelností pro profesionální použití má způsobovat dobrou viditelnost uživatele v nebezpečných situacích a to jak za jakýchkoliv světelných podmínek ve dne, tak i při osvětlení předními světly dopravního prostředku za tmy.

Sledují se kvalitativní požadavky na barevné a retroreflexní materiály ochranného oděvu, jejich uspořádání a minimální plochu. Oděv musí mít buď požadované plochy podkladového a retroreflexního materiálu, nebo požadovanou plochu materiálu se sloučenými vlastnostmi (materiál s vlastnostmi podkladového i retroreflexního materiálu). Podle minimální plochy použitých materiálů jsou výstražné oděvy rozděleny do tří tříd. Oděv třetí třídy vzbuzuje pozornost nejvyšší, nejméně je nápadný oděv první třídy.

Pásky retroreflexního materiálu musí být široké nejméně 50 mm. Jejich umístění udává norma ČSN EN 471. Pro ochranné oděvy hasičů musí být reflexní pásy se sníženou hořlavostí. Požadavky na výstražné oděvy s vysokou viditelností pro neprofesionální použití jsou uvedeny v normě ČSN EN 1150. [51]

Materiály

Jako výstražné barvy se používají barvy, které jsou dobře viditelné. Je to především žlutá, oranžová a oranžovo-červená barva. Nejlepší viditelnost mají materiály s reflexními či luminiscenčními vlastnostmi.

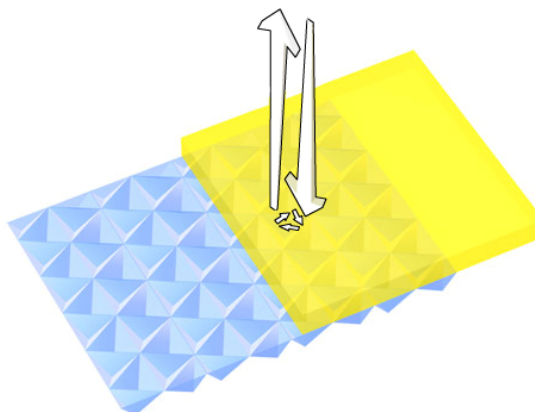
Reflexní materiály jsou materiály, které mají schopnost odrážet světlo zpět ke zdroji a to až na 200 m daleko. Pro materiály, které mají retroreflexní vlastnosti jsou zavedeny dvě třídy. Vyšší úroveň retroreflexe způsobuje větší kontrast a viditelnost výstražného oděvu za tmy při osvětlení automobilovým reflektorem.

Luminiscenční materiály jsou materiály které mají luminiscenční schopnosti. Z hlediska kinetiky je luminiscence členěna na fluorescenci a fosforescenci. Pokud po odstranění zdroje ozařování látky luminiscence vymizí, hovoříme o fluorescenci. Pokud luminiscence přetrvává i po odstranění zdroje ozařování, jedná se o fosforescenci. Luminiscence je vyvolána elektromagnetickým zářením. [12]

Příklady vysoce viditelných materiálů:

REFLEXITE

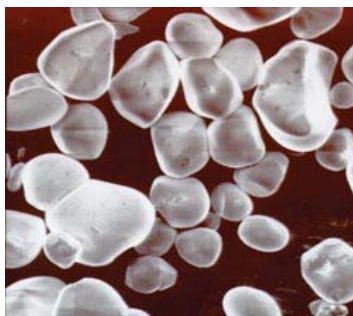
Reflexite jsou retroreflexní pásy různých barev používající unikátní technologii reflexních částecek - mikroprismat. V porovnání se standardními šedými reflexními páskami na bázi skleněných čoček jsou retroreflexní částecčky chráněny horní vrstvou, nacházejí se na zadní straně fólie a jsou tudíž dobře chráněny proti zašpinění, vlhku a oděru. Jsou snadno čistitelné, vysoce viditelné, pružné a mají plnou funkčnost i při dešti. [52]



Obr. 16.: Princip odrazivosti materiálu Reflexite. Zdroj [53]

PERMALIGHT

Permalight je fotoluminiscenční materiál, který vydává sám světlo. Principem je akumulace světla v samodobíjecí baterii přímo v materiálu. Materiály vstřebávají denní nebo umělé světlo, které dokáží v tmavém prostředí vyzařovat po dlouhou dobu. Ideální pro značení únikových cest, orientace v prostoru při výpadku osvětlení, bezpečnostní oblečení viditelné ve tmě. [54]



Obr. 17.: Tajemství fotoluminiscenčního materiálu spočívá ve světlo-uchovávajících pigmentech. Zdroj [55]

3.5.8 Oděvy pro pracovníky obchodu a služeb

Oblast použití

Jedná se oděvy pro skupinu obecně nazývanou GASTRO, zahrnuje pracovníky restauračních služeb jako jsou kuchaři, číšníci, barmani, servírky, pracovníci hotelů, prodavače, dále pracovníky prádelen, čistíren a podobně.

Vlastnosti a požadavky

Na tuto skupinu neexistuje jednotný systém. Na ochranu a bezpečnost pracovníků zde nejsou kladeny zvýšené nároky ani speciální požadavky. Typ profesního oděvu si volí každá skupina samostatně. Jednotný systém zde neexistuje. Oděvy splňují obecně normu ČSN 340.

Materiály

Jsou zde používány běžné textilní materiály přírodní i syntetické. Nejčastěji bavlněné a polyesterové a jejich směsi.

3.5.9 Uniformní oblečení

Oblast použití

Uniforma je oděv jednotného charakteru pro lidi, kteří patří k organizované skupině. Díky stejnému vzhledu umožňuje jednoduché rozpoznávání příslušníků skupiny. Uniformní oděvy mohou být například politické, vojenské, policejní, školní, vězeňské, sportovní, pracovní nebo církevní oděvy.

Vlastnosti a požadavky

Uniforma pro určitou skupinu by měla být jednotně sladěna stříhově, barevně a funkčně podle požadavků na jeho používání. Měla by splňovat svůj účel, podle toho zda se jedná o vycházkovou, pracovní či reprezentativní. Vycházkovou uniformou je například vojenský vycházkový stejnokroj. Pracovní uniformou je policejní uniforma, uniforma pro letušky a letce. Zvláště reprezentativní účel mají uniformy pro slavnostní použití. Materiály pro tyto oděvy jsou upraveny antistatickou a nešpinivou úpravou. Některé uniformy, které například používá policie, musí splňovat několik funkcí: vycházkovou letní i zimní a přepadovou (pracovní).

Pracovní uniformy plní především funkci ochrannou. Jsou to speciální oděvy určené do prostředí se zvýšeným rizikem a musí vyhovovat předepsaným účelům. Používají je vojáci v nasazení, hasiči a příslušníci policie při zásahu.

Výrobky pro uniformní oblečení podléhají certifikaci IQNet a CQS (Sdružení pro certifikaci systémů jakosti). [56]

Materiály

Materiály používané pro zásahové oděvy hasičů, záchranářů, policie, armády a zdravotního personálu viz. jednotlivé kapitoly.

3.5.10 Ochranné oděvy pro zdravotní personál

Oblast použití

Ochranné pracovní oděvy personálu ve zdravotnictví.

Vlastnosti a požadavky

Oblečení personálu se podle opakovatelnosti použití dělí na trvanlivé a jednorázové. Mezi trvanlivé lze zařadit profesní oblečení: pláště a kalhoty lékařů, uniformy zdravotních sester a pomocného personálu. Oděvy jsou v různém střihovém a barevném provedení podle interních předpisů každého ústavu. Oděvy musí při praní (60°C) snášet desinfekční a sterilizační procedury (sterilizace párou 20 minut při 134°C).

Mezi oděvy a pomůcky na jednu použití se řadí: chirurgické pláště, zástěry, ústní roušky, operační roušky, pokrývky hlavy a návleky na obuv. Tyto oděvy se po použití spalují.

Kvalita zdravotnických výrobků a jejich údržba se řídí příslušnou normou. Další požadavky na operační pláště a oděvy do sterilního prostředí viz kapitola ochranné oděvy do čistých prostorů. Normy zabývající se textiliemi a pracovní oděvy pro zdravotní personál jsou uvedeny v příloze 1.

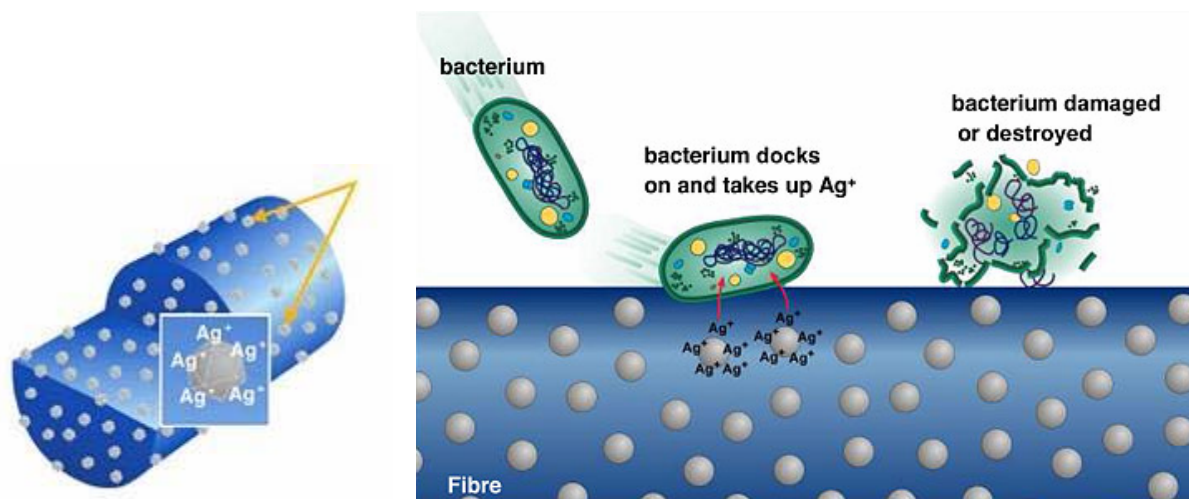
Materiály pro trvanlivé oděvy

Tradičním materiálem pro medicínské oděvní textilie jsou bavlněné tkaniny. V současnosti se převážně jedná o výrobky z kepru, molina nebo veby ve 100% bavlně, nebo ve směsích s polyesterem. V infekčních prostředích se uplatňují materiály s antimikrobiálními účinky, které pomáhají udržovat oděv čistý, ničí bakterie a zamezují tak jejich šíření.

Antibakteriální textilie

Antibakteriálního účinku se u textilií dosahuje současným použitím materiálů, které bakterie ničí. Tyto materiály mohou být zakomponovány přímo v struktuře vláken v podobě malých částic nebo se používá metody pokovení vláken. Příkladem je materiál Trevira Bioactive, jejíž účinek je založen na částech stříbra. Ionty stříbra jsou pevně ukotveny v polymerním vlákne, což znemožňuje jejich únik do okolí a tím je zajištěna stálost antimikrobiálního účinku vlákna. Funkce se neztrácí ani

častým nošením či praním. Přijdou-li bakterie do styku s textilií, ionty stříbra je zničí, tím se předchází i jejich dalšímu množení. Materiál Trevira Bioactive se používá na pracovní a ochranné oděvy a uniformy pro zdravotní personál, zaměstnance v potravinářském průmyslu, obsluhující personál, policii, armádu, hasiče a další profese. [57]



Obr. 18.: Materiál Trevira Bioactive. Zdroj [58]

Materiály na jedno použití

Jednorázové ochranné oděvy z netkaných textilií jsou z polypropylenových vláken (mono) nebo z bikomponentních PP/PE. Vyrábí se technikami spunbond, meltblown nebo naplavováním a pojí se chemicky. Mají nízkou gramáž a jsou opatřeny vodoodpudivou a oleofobní úpravou. Často je používáno také laminování, které omezuje pronikání mikroorganismů. [56]

3.5.11 Ochranné oděvy pro čisté prostory

Oblast použití

Oděvy pro čisté prostory (OČP) se uplatňují všude tam, kde je přítomnost člověka nezbytná a zároveň je třeba v tomto prostoru vyloučit (snížit) výskyt prachových částic. Člověk prachové částice uvolňuje z povrchu těla, ale přenáší je i na svém oděvu, nástrojích nebo pracovních pomůckách. Funkce OČP je opačná než u běžných pracovních, nebo ochranných oděvů. Oděv zde chrání především okolní prostředí před možným znečištěním člověkem.

Oděvy pro čisté prostory se označují CRC (Clean room clothing) a antistatické oděvy pro ochranu elektrostaticky citlivých součástek pro čisté prostory ESD/CRC (Clean room clothing electrostatic sensitive devices).

Jedná se o oblasti mikroelektroniky, farmacie, zdravotnictví a potravinářství.

Vlastnosti a požadavky

Obecné požadavky na materiály pro výrobu ochranných oděvů do čistých prostorů:

- musí mít úplnou bariéru proti částicím nad $0,5\mu\text{m}$ podle oblasti použití. V mikroelektronice se vyžaduje $0,5\mu\text{m}$, farmacie připouští částice větší než $0,5\mu\text{m}$
- materiály nesmějí samy žádné částice (ani po mechanickém namáhání) uvolňovat, proto nesmí mít povrchové zdrsňování ani ochlupacení
- musí být odolné proti stárnutí
- nesmí dovolovat zpětné ukládání částic v pórech textilie ani na jejím povrchu
- musí umožňovat snadnou a úplnou dekontaminaci (odstranění prachových částic), mnohokrát opakovatelnou (jedná-li se o materiály pro oděvy k opakovanému použití)
- nesmějí se elektrostaticky nabíjet
- musí mít přijatelné fyziologické vlastnosti, tj. zachovávat určitý komfort daný propustností vzduchu a vodní páry, transportem vlhkosti, tepelně izolační schopností apod.
- při aplikaci v oblasti farmacie a zdravotnictví musí umožňovat opakovatelnou sterilizaci parou (134°C), etylénoxidem, zářením gama nebo beta

[59]

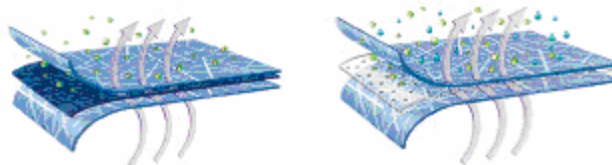
Materiály

V této oblasti ochranných a pracovních oděvů mají nezastupitelnou roli ochranné oděvy a doplňky z netkaných textilií. Netkaná textilie je vlákenná vrstva vyrobená z jednosměrně nebo náhodně orientovaných vláken, zpevněná mechanicky, chemicky nebo termicky. Pro výrobu ochranných oděvů se používají technologie: Spunbond, Meltblown a SMS.

Podstata výroby netkané textilie technologií **Spunbond** spočívá v přímém zvlákňování polymerních granulátů na nekonečná vlákna (filamenty), která následně vytváří plošnou netkanou textilii. Základní vlastnosti těchto textilií jsou plošná hmotnost od 10 - 100 g/m², rovnoměrné rozložení vláken v plošné textilii (podélný a příčný směr v poměru 2:1), vysoká konečná pevnost daná vysokou pevností nekonečných vláken, jemnost jednotlivých filamentů (může být v rozmezí 0,9 - 3,5 Tden)

Technologie **Melt-blown** je vyfukování roztaveného polypropylenového polymeru proudem horkého vzduchu, přičemž vznikají superjemná vlákna různé délky o průměru 1- 5 μm , která jsou přímo přetvářena na plošný útvar. Textilii je možno vyrobit bílou nebo barevnou, hydrofobní nebo hydrofilní, kalandrovanou (tepelně pojenou) či nekalandrovanou a lze ji opatřit dlouhodobě stabilním elektrostatickým nábojem. Specifické vlastnosti těchto textilií spočívají především ve velmi jemných vláknech, variabilní plošné hmotnosti a vysokém měrném povrchu, zajišťují vynikající filtrační, tepelně-izolační a sorpční vlastnosti. Vlákna jsou nedefinované délky, náhodně orientovaná, jejich průměr kolísá po délce. Pro textilii je také charakteristická nižší pevnost v tahu a nižší odolnost proti oděru.

Kombinací textilií typu spunbond (S) a typu meltblown (M) jsou získávány textilie typu SMS (struktura je tvořena dvěma vrstvami spunbond, mezi nimiž je meltblow) nebo typu SSMMS (struktura je tvořena třemi vrstvami spunbond, mezi nimiž jsou dvě vrstvy meltblown). Výsledná kompozitní textilie má výborné fyzikální vlastnosti (pevnost, pružnost, oděr, druhotné trhání, pevnost v protržení atd.) a výborné bariérové vlastnosti bránící průniku velmi drobných částic a mikroorganismů a agresivních tekutin. Kompozitní materiál SMS má velmi dobré hydrofobní vlastnosti (vysoký vodní sloupec) a je vhodný pro použití na ochranné pracovní oděvy, v konstrukci obličejových masek jako filtrační a separační textilie



Obr. 19.: Na obrázku je SMS s vnitřní vrstvou z netkané textilie a perforované fólie.

Zdroj [60]

Příklady materiálů pro ochranné oděvy do čistých prostor:

Pegatex S

Pegatex S je netkaná textilie firmy Pegatex vyrobená technologií spunbond (S) z polypropylenu. Dodává se v různých barevných odstínech. Základní vlastností tohoto typu netkané textilie jsou bariérové vlastnosti, kterých se využívá pro výrobu produktů jednorázového užití. Tento typ netkané textilie se uplatňuje v široké řadě aplikací od výroby ochranných oděvů, hygienických produktů přes zemědělství nábytkářství až po stavebnictví či automobilový průmysl.

Pegatex SMS

Pegatex SMS (spunbond/meltblown/spunbond) je netkaná textilie vyrobená kombinací technologií spunbond (S) a meltblown (M) z polypropylenu. Základní vlastností tohoto typu netkané textilie jsou vysoké bariérové vlastnosti, kterých se využívá pro zabránění průniku tekutin či pro separaci velmi jemných pevných částic. Plošná hmotnost jednotlivých vrstev SMS lze nastavit podle potřeby intenzity bariérových vlastností a prodyšnosti. Mají vysokou chemickou odolnost, zdravotní nezávadnost a možnost antistatické úpravy.

Tento typ netkané textilie se uplatňuje v široké řadě aplikací. Kromě ochranných oděvů se používá pro výrobu hygienických produktů, ve stavebnictví či filtraci. V některých finálních výrobcích, například chirurgické roušky ve zdravotnictví, se používá varianta SM (spunbond /meltblown). [61]

Tyvek

Tyvek je výrobek firmy Dupont, vyroben ze 100% z polyetylenových vláken, za vysokého tlaku a teploty. Má nízkou hmotnost, odolnost vůči chemickým látkám, je velmi pevný, vysoce odolný proti roztržení a proražení, vysoce stálý v jakémkoli počasí, odolává vodě a extrémním teplotám. Lze jej mačkat přehýbat a prošívat. Je jemný a hedvábný na dotek. Kombinuje vlastnosti papíru, fólie a textilie. Vzhledem ke svým jedinečným fyzikálním vlastnostem je univerzální, recyklovatelný a umožňuje potisk

Jednorázové overaly Tyvek Isoclean® jsou oděvy ideální pro personál, návštěvníky a údržbu v čistých prostorech. Poskytují ochranu proti suchým částicím, nerizikovým tekutinám a mikroorganismům. Bariéru tvoří celá tkanina, ne pouze vložený film či potahový materiál. Jsou vyrobeny a individuálně baleny v ISO Class 3 prostředí. Oděvy jsou pohodlné, lehké, trvanlivé a recyklovatelné. [62]

4 Metody hodnocení vlastností u výrobků pro speciální použití

4.1 Z hlediska funkčnosti

4.1.1 Odolnost proti mechanickému působení

Pevnost v tahu a tažnost

Zjišťováním pevnosti v tahu a tažnosti se zabývá norma EN ISO 13934. Stanovuje postup pro zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle u plošných textilií. První část této normy na základě metody Strip, druhá část metodou Grab.

Obě tyto metody jsou vhodné zejména pro tkaniny, ale mohou se použít i pro plošné textilie vyrobené jinými technikami. Nejsou běžně použitelné pro elastické tkaniny, geotextilie, netkané textilie, nánosované textilie, tkaniny ze skleněných vláken a plošné textilie z polykarbamidových vláken nebo z polyolefinových pásků. Metody určují postup zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle u zkušebních vzorků, které jsou v rovnováze s normálním ovzduším pro zkoušení a u zkušebních vzorků v mokřém stavu. Pro tyto zkoušky lze použít pouze zkušební přístroj s konstantním přírůstkem prodloužení (CRE).

Pro zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti u netkaných textiliích je zaměřena norma ČSN EN 29073-3. [8]

Pevnost v protržení a dalším trhání

Zkušební metodu pro odolnost proti protržení a dalšímu trhání materiálů ochranných oděvů stanoví norma ČSN EN ISO 13995. Jedná se o oděvy používané v situacích, kdy protržení a další trhání materiálů může vést k nepřijatelnému poškození oděvu nebo k ohrožení uživatele pro ztrátu celistvosti ochranné bariéry. Norma obsahuje čtyři úrovně provedení. Zkušební metoda podle této evropské normy je založena na americké normě ASTM D 2582-90 „Normalizovaná zkušební metoda odolnosti proti protržení a dalšímu trhání plastové blány a tenké fólie“. Zkouška byla upravena, aby byla použitelná pro silné tkané a pletené textilie, povrstvené textilie a usně. Norma se vztahuje se na ochranné oděvy proti chemickým a biologickým rizikům, ochranné nepromokavé oděvy, obleky pro špatné počasí a oděvy pro hasiče.

Pevností v dalším trhání se zabývá norma ČSN EN ISO 13937. První část této normy stanovuje zkušební postup pro zjišťování síly, potřebné k rázovému dotržení zářezu, předem provedeného na vzorku plošné textilie a to na stanovenou vzdálenost. Postup je vhodný

zejména pro tkaniny, není vhodný pro plošné textilie, u kterých by dotržení nepokračovalo ve směru provedeného zářezu. Zkouška se provádí na kyvadlovém trhacím přístroji Elmendorf.

Druhá, třetí a čtvrtá část normy ČSN EN ISO 13937 stanovuje zkušební postup pro zjišťování síly potřebné k dotržení plošné textilie. Síla při dotržení představuje sílu vyžadovanou ke zvětšení předem provedeného nástřihu na zkušebním vzorku na stanovenou vzdálenost. Zkoušky se provádí na zkušebním přístroji s konstantním přírůstkem prodloužení (CRE).

- v druhé části normy se používá zkušební vzorek nastřižený do tvaru ramen a tento postup je vhodný zejména pro tkaniny, není vhodný pro plošné textilie, u kterých by dotržení nepokračovalo ve směru provedeného nástřihu.
- ve třetí části se používá zkušební vzorek nastřižený do tvaru křídel. Postup je vhodný zejména pro tkaniny, ale může být použit i pro plošné textilie vyrobené jinými technologiemi.
- ve čtvrté části se používá zkušební vzorek nastřižený do tvaru jazýčku. Postup je vhodný zejména pro běžné tkaniny. Může být použit i pro plošné textilie vyrobené jinými technologiemi, nedoporučuje se však pro pleteniny a elastické tkaniny.

Zkušebními metodami pro zjišťování pevnosti v dalším trhání u netkaných textilií se zabývá norma ČSN EN ISO 9073-4. Tato část ISO 9073 platí pro zjišťování pevnosti netkaných textilií v dalším trhání pomocí lichoběžníkové metody.

Protlakem plošných textilií se zabývá norma ČSN EN ISO 13938. Popisuje metody pro zjišťování vlastností plošných textilií při protlaku. První část zkoumá pevnost v protržení a roztažení při protržení hydraulickou metodou, druhá část pneumatickou metodou. Metoda je vhodná pro úplety a pro tkané, netkané a laminované textilie. Může být rovněž použita pro textilie, vyrobené jinými technikami. Zkouška je vhodná pro zkoušení vzorků v klimatizovaném nebo mokrému stavu.

Z údajů, které jsou k dispozici, vyplývá, že u tlaku do 800 kPa není podstatný rozdíl mezi výsledky pevnosti v protlaku, zjištěnými pomocí hydraulické nebo pneumatické metody. Tento rozsah tlaku pokrývá většinu hodnot užitných vlastností u ošacení. U speciálních textilií, u kterých je pro protlak vyžadován vyšší tlak, je vhodná hydraulická metoda.

Zjišťováním odolnosti v dotržení u textilií povrstvených pryží nebo u plastů se zabývá norma ČSN EN ISO 4674, která má dvě části. V první části jsou popsány dvě metody, při kterých se používá trhací přístroj s konstantní rychlostí deformace (metoda A: zkušební vzorek ve tvaru jazýčku, metoda B: zkušební vzorek ve tvaru ramen). V druhé části je

popsána dynamická metoda, která využívá kinetické energie padajícího kyvadla (zkouška balistickým kyvadlem). Zjišťování pevnosti v protlaku těchto textilií je věnována norma ČSN EN 12332. [8]

Odolnost proti oděru

Zkoušky odolnosti v oděru jsou simulační zkoušky, které napodobují, jak dlouho textilie unese namáhání (odírání) při používání. Zkušební metody odolnosti proti oděru u materiálů ochranných oděvů předepisuje norma ČSN EN 530. Popisuje dvě zkušební metody zkoušky odolnosti materiálů proti oděru využívajícího stejného zkušebního zařízení. První metoda popisuje zjištění odolnosti proti oděru materiálů ochranných oděvů a druhá metoda popisuje předběžnou úpravu oděrem u těch materiálů, u nichž jsou zkušební vzorky později použity k hodnocení zbytkových ochranných vlastností. Normalizována je podstata zkoušek a postup jejich provádění. Norma je použitelná jako referenční norma oděru pro normy a technické podmínky pro ochranné oděvy.

Zjišťováním odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale se zabývá norma ČSN EN ISO 12947. První části této normy určuje požadavky na zkušební přístroj Martindale a na pomocné materiály, které se používají při zkouškách zjišťování odolnosti plošných textilií proti oděru. Ve druhé, třetí a čtvrté části se zjišťuje poškození vzorku, úbytek hmotnosti a hodnotí se změny vzhledu. Norma je určena všem druhům plošných textilií včetně netkaných, avšak s výjimkou plošných textilií, u kterých je deklarována nízká životnost z hlediska oděru. [8]

Testem oděruvzdornosti Martindale je zkoušen například materiál GORE-TEX. Při testu je přístroj pod velkým tlakem opakovaně přejíždí po testovaném materiálu smirkovým papírem nebo vlnou. Podle toho, jak odolná má textilie být, může toto intenzivní tření pokračovat bez přestávky několik hodin nebo i dní. [31]

Další možností, jak zkoušet plošné textilie v oděru je na vrtulkovém odírači. Zkouší se jednak oděr v ploše podle normy ČSN 80 0833 a také oděr v přehybu podle normy ČSN 80 0850.

Odolnost proti proříznutí a propíchnutí

Odolností materiálů ochranných oděvů proti proříznutí ostrými předměty se zabývá mezinárodní norma ČSN EN ISO 13997. Určuje zkušební metody pro proříznutí, včetně s nimi spojených výpočtů, pro uplatnění u materiálů a jejich kombinací určených pro použití na ochranných oděvech.

Zkoušky jsou založeny na postupu, který dovoluje výpočet svislé (kolmé) síly, při které čepel tažená přes zkušební vzorek po stanovené dráze zkušební vzorek prořízne. Zkouškami se stanovuje odolnost proti proříznutí ostrými hranami předmětů, jako jsou např. nože, díly z kovových plechů, třísky při obrábění, sklo, nářadí s ostřím a odlitky. Neposkytují údaje o odolnosti materiálů proti propíchnutí špičatými předměty, jako jsou jehly a trny a nejsou vhodné pro zkoušení materiálů z drátěného kroužkového pletiva nebo z kovových destiček. Technické požadavky na materiály pro ochranné oděvy mohou být odstupňovány pomocí číselných hodnot získaných při těchto zkouškách.

Odolností proti propíchnutí ochranných oděvů a její zkušební metodou se zabývá norma ČSN EN 863.

4.1.2 Odolnost proti teplu, ohni

Ochranný oděv proti sálavému teplu se používá při různých příležitostech a podle toho se intenzita sálání (charakterizovaná hustotou tepelného toku) působící na materiál oděvu pohybuje v širokém rozmezí.

Hodnocením materiálů a kombinací materiálů vystavených sálavému teplu se věnuje norma ČSN EN ISO 6942. Tato evropská norma vytyčuje dvě zkušební metody, které mohou být použity pro všechny druhy materiálů. S ohledem na zamýšlené použití materiálu musí být však správně vybrána hustota tepelného toku a výsledky musí být správně interpretovány. Metoda A slouží k vizuálnímu posouzení změn materiálu po působení sálavého tepla. Metodou B se zjišťuje ochranný účinek materiálů. Materiály mohou být zkoušeny buď oběma metodami nebo jen jednou z nich. Zkoušky podle těchto dvou metod slouží k rozřídění (klasifikaci) materiálů. Tyto zkoušky se provádějí na typických jednoduchých nebo vícevrstvých tkaninách nebo jiných materiálech pro ochranné oděvy proti teplu. Jsou také použitelné pro sestavy odpovídající oblečení sestavenému z ochranných oděvů proti teplu a spodního oblečení (prádla) nebo bez něj.

Zkušební metodu k určení omezeného šíření plamene u textilu a materiálů podobných textilu, působí-li na povrch svisle orientovaných vzorků malý plamen, popisuje norma ČSN EN 532. Normalizována je podstata zkoušky, která udává: Definovaný zapalovaný plamen ze stanoveného hořáku působí po dobu 10 s na povrch nejméně 6 kolmo orientovaných vzorků vybraných ze sady zkušebních vzorků. Zaznamená se rozšíření plamene ke hraně, dožeh plamene, plamenně hořící nebo roztavené odpadlé části a tvar otvoru. Rovněž se zaznamená čas samovolného hoření a čas žhnutí.

Norma ČSN EN 367 předepisuje metodu na porovnání prostupu tepla materiály nebo soubory materiálů, ze kterých se vyrábějí ochranné oděvy. Materiály se zařazují podle vypočteného indexu prostupu tepla, který charakterizuje relativní ochranu za určených zkušebních podmínek. Podstata zkoušky je normalizována: Vodorovně uložený zkušební vzorek je zajištěn proti posunu a vystaven dopadajícím tepelnému toku hustoty $80 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ z plamene plynového hořáku umístěného pod ním. Teplo prostoupivší vzorkem se měří pomocí malého kalorimetru, který je v přímém kontaktu s horním povrchem vzorku. Čas, za který dojde ke zvýšení teploty kalorimetru o $(24, 0 \pm 0,2)^\circ\text{C}$, se zaznamenává v sekundách. Vypočítaný průměrný výsledek ze tří zkoušených vzorků je index prostupu tepla (plamene).

Prostupem tepla skrz ochranný oděv nebo jiné materiály se zabývá norma ČSN EN 702. Popisuje zkušební metodu ke stanovení prostupu tepla při dotyku (kontaktního tepla). Je použitelná pro ochranné oděvy (včetně ochrany paží), nebo materiály, z nichž jsou zhotoveny, určené k ochraně proti vysokým dotykovým (kontaktním) teplotám. Použití této normy je omezeno na dotykové teploty od 100°C do 500°C . Podstata harmonizované zkoušky: Vytápěný válec se zahřeje na dotykovou teplotu a zkušební vzorek se položí na kalorimetr. Vytápěný válec se spustí na zkušební vzorek umístěný na kalorimetru, nebo alternativně, kalorimetr se vzorkem se zavede k vytápěnému válci. V každém případě musí posuv probíhat konstantní rychlostí. Limitní čas se určí sledováním teploty kalorimetru.

Chování materiálů používaných na ochranné pracovní oděvy, na něž dopadají malé částice roztaveného kovu (především oceli) a stanovením zkušební metody a jejím vyhodnocováním se věnuje norma ČSN EN 348. Norma se vztahuje na každý poddajný materiál anebo soustavu materiálů, které jsou navrženy na ochranu pracovníků proti rozstříku malých částic roztaveného kovu. Ve zkoušce se sleduje dopad kapek roztaveného kovu na svisle umístěný zkušební vzorek a měří se počet kapek, kterých je potřeba na zvýšení teploty o 40 K čidla umístěného za vzorkem. Výsledky získané touto metodou umožňují porovnat chování různých materiálů, které byly testovány touto zkouškou při standardních podmínkách. Výsledky neumožňují dělat závěry v případě kontaktu s velkými částicemi roztaveného železa nebo jiného kovu, ani neumožňují předpovídat chování kompletních oděvů v průmyslových podmínkách.

Posuzováním odolnosti materiálů proti postříku roztaveným kovem se zabývá norma ČSN EN ISO 9185. Stanovuje metodu pro posuzování odolnosti tepelného prostupu materiálů používaných pro ochranné oděvy proti velkému postříku roztaveným kovem. Poskytuje

zvláštní postupy pro posuzování účinků postřiků roztaveného hliníku, kryolitu, mědi, železa a měkké oceli.

Ochranné oděvy vyhovující normě ČSN EN 531 jsou určeny k ochraně pracujících v průmyslu proti krátkodobému styku s plamenem a nejméně proti jednomu druhu sdílení tepla. Teplo může být sdíleno prouděním (konvekci), sáláním (radiací), velkými částicemi rozstříknutého roztaveného kovu, nebo kombinací těchto tepelných rizik. [8]

4.1.3 Funkčnost v chladném prostředí a povětrnostním vlivům

Základní funkční požadavky a zkušební metody na ochranné oděvy určené pro práci venku a vystavené celoročním povětrnostním vlivům (déšť, sníh, mlha, vítr) předepisuje norma ČSN 83 2733. Norma přesně definuje parametry tkaniny, resp. její mechanické, fyzikální a užitné hodnoty a určuje i způsoby zkoušení jednotlivých parametrů. Požadavky a zkoušky jsou věnovány oděvům vystaveným přibližně těmto podmínkám:

- relativní vlhkosti vzduchu 70 - 100%
- teplota v rozsahu od - 20 °C do + 30 °C
- síla větru 4 m.s-1.

Dalším měřením tepelné izolace se věnuje norma ČSN EN ISO 15831, která zjišťuje vlastnosti oděvu pomocí tepelné figuríny. Norma popisuje požadavky na tepelnou figurínu a metodu zkoušení používanou pro měření tepelné izolace celého oděvu na uživateli při praktickém použití v relativně klidném prostředí (uživatel buď stojí nebo se pohybuje), uvádí způsoby výpočtu a přesnost výsledků izolačních vlastností oděvů.

Zkušebními metodám pro stanovení účinnosti jednotlivých ochranných oděvních součástí na ochranu těla proti chladu v chladném prostředí se věnuje norma ČSN EN 14058. Sleduje tepelnou izolaci, prodyšnost, odolnost proti pronikání vody a odolnost proti vodním parám.

Hodnocení izolace oděvu potřebné k udržení tělesné tepelné rovnováhy se odvíjí od znalosti lidského organismu a okolního prostředí. Metody a strategie posuzování tepelné zátěže spojené s expozicí chladným prostředím, které jsou založeny na hodnocení izolace oděvu potřebné k udržení tělesné tepelné rovnováhy stanovuje norma ČSN EN ISO 11079. Použitá rovnice tepelné rovnováhy bere v úvahu poslední vědecké poznatky vztahující se k tepelné výměně na povrchu kůže a oděvu. Uvedené metody lze použít na stálou, střídavou i příležitostnou expozici a druh práce v zaměstnání, v domácnosti i ve venkovních prostorech. [28]

4.1.4 Odolnost proti působení chemikálií

Průnik aerosolů pevných částic

Metoda zkoušení bariérové účinnosti ochranných oděvů (typ 5) proti chemikáliím proti aerosolům suchých jemných prachů je specifikována v druhé části technické normy ČSN EN ISO 13982. Zkouška probíhá ve zkušební komoře, v níž je generován aerosol částic chloridu sodného. V komoře se nachází zkušební osoba oblečená v ochranném oděvu, která provede předem určené pořadí zkušebních cvičení. Průnik na každém vzorkovacím místě uvnitř oděvu je měřen pomocí plamenové fotometrie. Výsledek se uvádí v procentech pro každé vzorkovací místo a pro celkový průnik oděvem.

Penetrace kapalin

Zkoušení odolnosti materiálů proti penetraci (pronikání) kapalin se zabývá norma ČSN EN ISO 6530. Specifikuje zkušební metodu pro měření indexů penetrace, absorpce a odpudivosti materiálů ochranných oděvů proti kapalným chemikáliím, především chemikáliím s nízkou těkavostí. Pomocí zkušební metody lze odhadnout chování materiálu i jeho ochranné vlastnosti pro dva různé případy jeho kontaktu s chemikálií:

- za minimálního tlaku, kdy kapalina pokrývá povrch a tvoří malé kapénky nebo kapky,
- kontaminace jednotlivým maloobjemovým rozstřikem nebo nízkotlakým postřikem, umožňující stanovit čas, během kterého je nutno oděv svléci nebo podniknout nějakou další činnost nezbytnou k odstranění rizika zasažení chemikálií v případě, že je kapalina přítomná na povrchu oděvu volně, ale také v případě, že kapalina je na povrchu pod tlakem způsobeným buď pohybem nositele (ohýbání kontaminovaných částí oděvu v loktech, kolenech, ramenní oblasti) nebo dotykem s kontaminovanými povrchy (např. při průchodu porosty, na které byla chemikálie nastříkána).

Permeace kapalin a plynů neprodyšnými materiály

Stanovením odolnosti materiálů používaných pro ochranné oděvy proti permeaci (ustálený stav propustnosti) se zabývá norma ČSN EN ISO 6529. Norma popisuje laboratorní zkušební metody, které umožňují stanovení odolnosti materiálů použitých pro ochranný oděv proti permeaci kapalných nebo plyných chemikálií a to za podmínek nepřetržitého nebo přerušovaného kontaktu (metody A, B, C). Zkušební metody jsou vhodné pouze pro zkoušení neprodyšných materiálů ochranného oděvu.

- metoda A je vhodná pro zkoušení kapalných chemikálií, těkavých nebo rozpustných ve vodě, o kterých se předpokládá že budou v nepřetržitém kontaktu s materiálem ochranného oděvu
- metoda B je vhodná na zkoušení plyných chemikálií, o kterých se předpokládá že budou v nepřetržitém kontaktu s materiálem ochranného oděvu
- metoda C je vhodná na zkoušení chemikálií kapalných, těkavých nebo rozpustných v vodě, za předpokladu, že jsou v přerušovaném kontaktu s materiálem ochranného oděvu

Penetrace velkými otvory

Ochrannou proti kapalným a plyným chemikáliím, včetně kapalných aerosolů a pevných částic se zabývá norma ČSN EN 464. Tato evropská norma popisuje zkušební metodu stanovení odolnosti plynotěsného obleku vůči pronikání plynů, například velkými otvory, připevněními, švy, překrytími mezi díly, póry a všemi vadami v materiálu výrobku.

Zkouška se provádí vnitřním přetlakem. Plynotěsné protichemické ochranné oděvy jsou oblékány společně s vhodnými ochrannými prostředky dýchacích orgánů, za účelem izolace těla uživatele od okolního prostředí. Ačkoli uživateli hrozí nebezpečí z netěsnosti ve směru dovnitř, touto zkušební metodou se stanoví únik vzduchu ve směru ven. Plynotěsný oblek se nafoukne tak, aby byl materiál výrobku napnut, čímž je zkušební metoda schopná detekovat velmi malé vady, např. díry, praskliny nebo trhliny.

Odolnost proudu kapalin (Jet test)

Jet test je metoda pro určení odolnosti protichemických ochranných oděvů proti pronikání proudu kapaliny. Metoda je normalizována podle ČSN EN 463 a platí jen pro protichemické oděvy podle ČSN EN 466. Norma je použitelná pro oděvy v prostředí, kde je riziko expozice silným proudem kapalných chemikálií. Zkouška se provádí proudem (paprskem) vody, kterým se míří na protichemický oděv za stanovených podmínek. Oděv je oblečen na zkušební figuríně nebo na osobě. Voda obsahuje stopy fluorescenční nebo viditelné barvy. Prohlídkou vnitřního povrchu obleku a vnějšího povrchu absorpčního obleku, který je oblečený pod ním, lze identifikovat všechna místa vnitřních netěsností.

Odolnost proti kapalným chemikáliím (Spray test)

Spray test je metoda pro stanovení odolnosti protichemických ochranných oděvů proti průniku rozstříknuté kapaliny. Podstatu zkoušky harmonizuje norma ČSN EN 468. Norma je použitelná pro oděvy v prostředích, kde je riziko expozice slabým proudem kapalných chemikálií nebo rozstříknutými kapičkami, které stékají povrchu součástí oděvu. Zkouška se provádí tak, že na protichemický ochranný oděv, který je oblečený na zkušební figuríně nebo

osobě, je nastříkána voda obsahující fluorescenční nebo viditelné barvy. Prohlídkou vnitřního povrchu obleku a vnějšího povrchu absorpčního obleku, který je oblečený pod ním, lze identifikovat všechna místa vnitřních netěsností. Rozstřík je prováděn za stanovených podmínek

Odolnost proti kapalným chemikáliím (zkouška atomizérem)

Atomizér (rozstříkovač) je přístroj používaný pro stanovení odolnosti textilních materiálů proti penetraci při postřiku kapalnými chemikáliemi, emulzemi a disperzemi. Penetrace je vyjádřena v procentech jako podíl z množství působící chemikálie a množstvím zadrženým textilií. Specifikace zkušební metody je uvedena v normě ČSN EN 14786. [27-8]

4.1.5 Metody hodnocení elektrostatických vlastností ochranných oděvů

Metodám hodnocení elektrostatických vlastností ochranných oděvů se věnuje evropská norma ČSN EN 1149. Norma obsahuje několik částí zkušebních metod a požadavků pro elektrostatické vlastnosti ochranného oděvu. Rozdělení na části je nutné, jelikož se jedná o rozdílné oblasti používání a rozdílné materiály.

- první část specifikuje zkušební metodu pro materiály určené k použití na výrobu elektrostatických (rozptylu-jících elektrostatický náboj) ochranných oděvů (nebo rukavic), které mají zabránit zápalným výbojům. Tato zkušební metoda není vhodná k použití pro materiály používané k výrobě ochranných oděvů nebo rukavic určených pro práce na sítích elektrického napětí.
- druhá část předepisuje zkušební metodu pro měření vnitřního elektrického odporu materiálů ochranných oděvů. Tato norma se nevztahuje na ochranu proti vysokému napětí.
- třetí část specifikuje metody pro měření snížení elektrostatického náboje z povrchu materiálů pro výrobu oblečení. Zkušební metody jsou vhodné pro všechny materiály, včetně homogenních materiálů i nehomogenních materiálů s vodivými vlákny na povrchu a vodivými vlákny v jádře.

Ve třetí části jsou popsány dvě zkušební metody. V obou případech je náboj kontrolován sledováním generovaného elektrostatického pole, to je provedeno za použití bezdotykových přístrojů pro měření pole. Hlavní rozdíl mezi metodami je použitá technika pro generování elektrostatického náboje.

- triboelektrické nabíjení závisí na generování náboje, když se dva materiály dostanou do kontaktu, společně se třou a následně od sebe oddělí.

- indukční nabíjení zahrnuje elektrodu umístěnou pod zkoušeným povrchem a zvýšení potenciálu k definované hodnotě. Indukovaný náboj na zkoušeném materiálu ovlivňuje skutečné pole, které je sledováno sondou k měření pole, umístěnou nad zkušební povrchem. [27-8]

4.2 Z hlediska komfortu uživatele

4.2.1 Propustnost médií textilem

Propustnost vzduchu

Metodu pro měření prodyšnosti plošných textilií stanovuje norma ČSN EN ISO 9237. Je použitelná pro většinu typů plošných textilií, které jsou prodyšné, včetně průmyslových textilií pro technické účely, netkané textilie a textilní oděvní výrobky.

Podstatou zkoušky zjišťování prodyšnosti je nasávání vzduchu skrz plochu zkoušené textilie při stanoveném tlakovém spádu. To znamená, že textilie je podrobena působení rozdílného barometrického tlaku z obou stran. Propustnost vzduchu je vyjádřena jako rychlost proudění vzduchu danou plochou textilie. Rychlost proudění ovlivňuje četnost a velikost pórů, tloušťka a úpravy textilie. [7]

Příkladem pro měření propustnosti vzduchu je přístroj FX 3300 švýcarské firmy TEXTTEST AG, který je určen pro rychlé, jednoduché a přesné určení prodyšnosti pro všechny druhy textilních materiálů.

Propustnost vodních par

Zjišťování relativní propustnosti vodních par **Gravimetrickou metodou** se zkouší dle ČSN 80 0855. Princip metody spočívá v tom, že vodní páry, které prochází za daných podmínek plošnou textilií, jsou absorbovány silikagelem. Propustnost vodních par se udává v %. Je to poměr přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušební misce s textilií a přírůstku hmotnosti ve zkušební misce bez textilie. Nevýhodou metody je její zdlouhavost a nízká přesnost, daná časově nelineární sorpcí vysoušedla. [7]

Druhá metoda pro měření relativní propustnosti vodních par je **metoda Dreo**. Vzorek je upevněn na podložku mezi dvě propustné vrstvy. Pod spodní vrstvou je voda a přes vrchní vrstvu proudí suchý vzduch. Spodní vrstva chrání vzorek od vodní hladiny a vrchní vrstva před průnikem vzduchu. Ztráta vody je zde určována odečítáním na stupnici skleněné kapiláry. Měření probíhá po dobu 15 min. [10]

Propustnost kapalné vody (transport vody)

Propustností kapalné vody rozumíme jevy, kdy se voda usazuje na textilii (smáčí povrch), vniká do textilie (nasákavost nebo vzlínavost) anebo proniká přes textilii (buď samovolně nebo pod tlakem).

Smáčivost textilie

Smáčivost textilie je dána poměry povrchových napětí, které vznikají na rozhraní textilie (pevné látky), kapky vody (kapaliny) a vzduchu (plynné látky). Zkoušky odolnosti plošných textilií vůči povrchovému smáčení stanovuje norma ČSN EN 24920. Smáčivost textilie je možno měřit dvěma způsoby: metodou úhlu smáčení a metodou umělého deště.

- při metodě úhlu smáčení se měří úhel smáčení. Čím je úhel menší, tím dochází k většímu smáčení povrchu textilie. Je-li úhel větší, než 90° , pak je textilie nesmáčivá. Metoda je používána ve velké míře pro posouzení účinnosti vodoodpudivých úprav textilií.
- metoda umělého deště simuluje chování textilie při skutečném smáčení proudem kapek vody. Na textilii, která je upevněna na kruhové čelisti ve tvaru nádoby dopadá ze sprchy proud kapek vody. Textilie je vzhledem k vertikále skloněna o zvolený úhel. Podle norem se volí množství vody pro smáčení 1 litr. Výsledkem zkoušky je množství vody proteklé textilií a zachycené v čelisti a tvar mokré části textilie, který se porovnává s etalony.

[63]

Nasáklivost textilie a vzlínavost vody

Nasáknutím rozumíme absorpci kapalné vody do struktury textilie. To se může dít třemi základními způsoby: nasáklivostí po celé ploše, kapkovou metodou, vzlínavostí textilie.

- v prvním způsobu se zkouška provádí smočením textilie po celé její ploše. Textilie se namočí do vody, nechá se odkapat a pak se vyjadřuje přírůstek hmotnosti vzorku.
- u kapkové metody se na textilii z byrety kápne přesně odměřená kapka vody a měří se čas, za který se kapka zcela vsákne. Děj se pozoruje pod zvětšením (např. makroskopem). Tato metoda je zatížena velkou subjektivní chybou.
- vzlínavost je způsobena kapilárními silami uvnitř struktury textilie. Tato metoda používá vzorek umístěný svisle a namočený jedním koncem do obarvené kapaliny (např. voda s inkoustem). Hloubka ponoření konce vzorku je 2 mm. Měří se výška (sací výška h [mm]), které kapalina dosáhne v předepsaných časových intervalech. Sací výška zpočátku narůstá rychle, při delších časech však dojde k rovnovážnému stavu, kdy h se dále nemění.

[63]

Průnik vody přes textilii

Stanovení odolnosti proti pronikání vody skrze textilii se může dít dvěma způsoby: zkouškou protlakem vody a zkouškou deštěm podle Bundesmanna.

Zkouška protlakem vody je harmonizována podle normy ČSN EN 20811. Zkouška se provádí za pomoci hydrostatického tlaku, při kterém voda pronikne zkoušenou textilií. Přístroj se nazývá „penetrometr“ a lze ho využít na všechny textilie s nepromokavou úpravou, zejména povrstvené textilie. Textilie nesmějí vodu propouštět vůbec nebo jen v omezeném množství. Zkouška se provádí tak, že se textilie umístí na kruhové čelisti o předepsané ploše. Obvod textilie se pevně upne, aby pod ni bylo možno pod tlakem vhnět vodu. Tlak je registrován tlakoměrem. Zkoušku lze vyhodnotit třemi základními způsoby: tlakem, časem a množstvím vody.

- tlakem, který způsobí průnik prvních tří kapek vody na horní plochu textilie při zvyšujícím se tlaku
- časem, který uplyne do průniku prvních tří kapek vody při konstantním tlaku
- množstvím vody, které proteče textilií při konstantním tlaku za jednotku času

[63]

Zkouška nepromokavosti plošných textilií **podle Bundesmanna** se provádí za pomoci zařízení pro zkrápění deštěm podle Bundesmanna. Zkouška slouží ke stanovení účinnosti úprav, které dodávají plošným textiliím nepromokavost. Zkouška je normalizována podle ČSN EN 29865. [26]

Tepelná propustnost

Přístroj Alambeta je určený k měření termofyzikálních parametrů textilií, popř. jiných netextilních materiálů. Naměřené hodnoty jsou vhodné na posuzování tepelně izolačních a tepelně vodivostních vlastností a teplo-studené složky omaku hodnocené textilie. Měření spočívá v průchodu tepelných toků povrchy vzorku od neustáleného stavu k ustálenému. Pomocí přístroje Alambeta je možno měřit vlastnosti textilií, jako je tepelná vodivost, tepelná jímavost, tepelný odpor, tloušťka materiálu a teplotní vodivost. Přístroj je počítačem řízený poloautomat, který vypočítá všechny statistické parametry měření a obsahuje autodiagnostický program, který zabraňuje chybným operacím přístroje. [64]

Měření pomocí **přístroje TP2** je založeno na registraci množství energie, kterou je nutno dodat vzorku, aby byl realizován stacionární tepelný tok. Vzorek textilie je umístěn na vyhřívané čelisti ve vzduchovém tunelu, kterým proudí vzduch rychlostí 3 m.s^{-1} . Po ustálení tepelného toku se odečte množství energie, které je nutno dodávat do vyhřívané čelisti. [63]

Další způsob měření probíhá pomocí **tepelného manekýna**, který nahrazuje lidské tělo tím, že splňuje základní termoregulační funkce a v některých případech je schopen pohybu. Je to tepelný stroj rozdělený až na 17 nezávislých tepelných segmentů, které udržují průměrnou povrchovou teplotu (kůže) a které umožňují přesné měření elektrického příkonu, který je zapotřebí pro věrnou simulaci rozdělení tepla v lidském těle. Z naměřených hodnot jsou vypočítány úrovně tepelného toku odváděného do okolí ze zmíněných segmentů. [10]

4.2.2 Kombinované metody stanovení prostupu médií textiliemi

Skin model je zařízení, které slouží ke stanovení parametrů termofyziologického komfortu. Základem přístroje je vyhřívaná a zavlhčovaná porézní deska označovaná jako „model kůže“ sloužící k simulaci procesů přenosu tepla a hmoty, ke kterým dochází mezi lidskou pokožkou a okolím. Měření zahrnující jeden nebo oba přenosy se mohou provádět buď při konstantních nebo při měnících se vnějších podmínkách. Tyto podmínky mohou zahrnovat kombinaci různých teplot, relativní vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu. Naměřené hodnoty mohou tedy odpovídat rozdílným i proměnlivým okolním podmínkám nošení oděvu. Tato metoda je uvedena v normě ČSN EN 31092. [10]

Princip měření na přístroji **Permetest** spočívá v tom, že tepelný tok bez vložené textilie je úměrný množství vlhkosti vypařené ze zavlhčené pokožky při dané teplotě pokožky a proudícího vzduchu. Tato hodnota představuje maximum odpaření a přístrojově 100% propustnost při dané vlhkosti a teplotě okolního prostředí. Výsledkem zkoušky jsou hodnoty relativní propustnosti vodních par materiálem. [7]

Potící torzo je válec o velikosti lidského trupu. Jednotlivé vrstvy materiálů jsou modelovány podobně jako lidské tělo, tj. pokožka, podkoží, tuková vrstva a jádro. Materiály, z nichž je torzo vyrobeno, mají podobné tepelné kapacity a tepelné vodivosti jako příslušné vrstvy lidského těla. Pro získání stejné tepelné kapacity, jako má lidské tělo, může být válec naplněn vodou. Torzo obsahuje 36 potních trysek. Válec se ohřívá na teplotu lidského těla pomocí topných fólií. Pro určení teplot v jednotlivých vrstvách je na celém torzu umístěno 20 čidel. Torzo může být provozováno za konstantní teploty nebo při konstantním příkonu a je umístěno na přesných vahách pro stanovení odpařovaného a kondenzovaného množství vody.

Bioklimatické komory jsou uzavřené komory, které mají regulovatelné vyhřívání plášťových stěn a přívod vzduchu dané teploty a vlhkosti včetně jeho výměny. Průchodkami ve stěnách jsou vedeny kabely tepelných a vlhkostních čidel, snímačů tepů, dechů a jednotlivé hodnoty jsou registrovány a vyhodnocovány. Zkoušky v komorách se provádějí na zkušebních osobách i na tepelných manekýnech. [10]

5 Experimentální část

Třetím bodem zadání bakalářské práce bylo navrhnout a provést experiment hodnocení užitných vlastností pro vybrané představitele sortimentu ochranných oděvů a následné porovnání zjištěných výsledků.

Pro experiment jsem zvolila jednorázové ochranné oděvy, které jsou určeny k ochraně především proti ušpinění. Jednotlivé oděvy se liší v oblasti použitelnosti. U některých typů je jako doporučení uvedeno pouze jako ochrana proti ušpinění (Minto) u jiných se uvádí ochrana proti některým chemikáliím a průniku radioaktivních částic (ChemSafe C1) u jiných je uvedena i jako vlastnost snížená hořlavost a doporučené vhodné použití, například pro stříkání nátěrových hmot, zpracování kovů, čištění a údržbu v lehkém strojírenství, svařování (3M 4530). Většina vybraných oděvů spadá do kategorie CE III typu 5 (ochrana proti prachovým částicím) a 6 (omezená ochrana proti kapalným chemikáliím).

Testovat a porovnávat veškeré uvedené vlastnosti by bylo příliš obsáhlé. Proto jsem si z užitných vlastností oděvů zvolila ochranu proti prachovým částicím a aerosolu. Výsledné hodnoty jsem porovnávala mezi sebou ve vztahu prodyšnost, propustnost prachových částic a propustnost aerosolu NaCl. V závěru experimentu jsem výsledky porovnávala i vzhledem k ceně těchto oděvů.

Jelikož jsou v tomto experimentu sledovány vlastnosti materiálů na propustnost prachových částic a aerosolu NaCl, které působí na oděv z vnější strany, jsou všechna měření, včetně prodyšnosti, prováděna z vnější strany materiálů směrem k vnitřní straně. Testy jsou vykonané v laboratorních podmínkách, a proto nevystihují reálné podmínky použití.

V experimentu byla provedena tato měření:

- propustnost vzduchu (prodyšnost) pomocí přístroje SDL M021S
- propustnost prachových částic pomocí přístroje DFT-2
- testování propustnosti aerosolem NaCl na přístroji Bench Mounting Rig

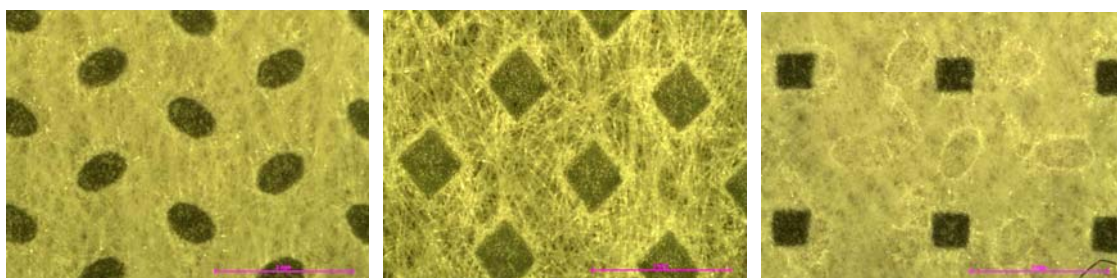
5.1 Materiály na ochranné oděvy z netkaných textilií

Netkané textilie pro ochranné oděvy se nejčastěji vyrábí přímo z taveniny polymeru metodou spunbond a meltblown a následně se zpevňují tepelně pomocí kalandru. Podstata výroby netkané textilie technologií **spunbond** spočívá v přímém zvlákňování polymerních granulátů na nekonečná vlákna (filamenty), která následně vytváří plošnou netkanou textilií. Výsledná vlákna jsou nekonečná o jemnosti 2-50 dtex.

Technologie **meltblown** spočívá ve vyfukování roztaveného polypropylenového polymeru proudem horkého vzduchu, přičemž vznikají superjemná vlákna různé délky, která jsou přímo přetvářena na plošný útvar. Vznikají konečná vlákna nepravidelného tvaru a průřezu o jemnosti 0,01-20 dtex. Oproti vláknům tvořeným technologií spun-bond mají nízkou pevnost a odolnost. V případě jemných vláken má textilie melt-blown vynikající izolační, filtrační a sorpční vlastnosti.

Kombinací textilií typu spunbond (S) a typu meltblown (M) jsou získávány textilie typu SMS (struktura je tvořena dvěma vrstvami spunbond, mezi nimiž je meltblow) nebo se vyrábí jiné kombinace, například SSMMS (struktura je tvořena třemi vrstvami spunbond, mezi nimiž jsou dvě vrstvy meltblown).

Při zpevňování kalandrem probíhá vlákenná vrstva s pojivem mezi dvojicí válců, z nichž jeden nebo dva jsou vyhřívané. Mezi válci dojde ke stlačení a ohřátí na takovou teplotu, kdy pojivo taje, případně přejde do viskoelastického stavu. Tlakem je pojivo formováno do tvaru pojících míst. Následným ochlazením dojde ke zpevnění pojiva a vlákenné vrstvy. Kalandrovací válce mohou být hladké (pojení v celé ploše) nebo rastrované (pojení v bodech rastru). [65]



Obr. 20.: Příklad textilií pojených kalandrovacími válci s různým vzorem rastru.

Nezanedbatelným faktorem u oděvů z netkaných textilií je materiálová nestejnomyšlnost. Netkané textilie jsou většinou tvořeny náhodným uložením vláken a následně spojovány. Náhodné rozložení vláken způsobuje, že v některých místech je uloženo víc vláken, jinde méně a tím se také liší propustnost na různých místech. Z toho důvodu vznikají při zjišťování vlastností netkaných textilií odchylky měření. Proto se také provádí vícero měření jednoho materiálu a jako výsledek se uvádí průměr. Jak se od sebe navzájem naměřené hodnoty liší, ukazuje směrodatná odchylka.

5.2 Vybrané oděvy pro experiment

1. Polyclean

Výrobce:	DuPont
Materiál:	100% polypropylen
Technologie:	netkaná textilie
Plošná hmotnost:	55 g.m ⁻²
Cena oděvu:	55 Kč
Doporučené použití:	ochrana proti ušpinění do míst se zvýšeným výskytem nečistot a prachu

2. Minto

Výrobce:	DuPont
Materiál:	100% polypropylen
Technologie:	netkaná textilie
Plošná hmotnost:	40 g.m ⁻²
Cena oděvu:	32 Kč
Doporučené použití:	ochrana proti ušpinění do míst se zvýšeným výskytem nečistot a prachu

3. PO106

Výrobce:	DuPont
Materiál:	100% polypropylen
Technologie:	netkaná textilie
Plošná hmotnost:	g.m ⁻²
Cena oděvu:	47 Kč
Úprava:	antistatická
Míra ochrany:	kategorie CE III typ 5/6, ochrana proti radioaktivnímu prachu
Doporučené použití:	k ochraně uživatelů před škodlivými látkami a k ochraně citlivých výrobků před kontaminací člověkem. Obvyklé použití je ochrana proti jemným částicím (prachu) a postřikáním kapalinami.

4. ChemSafe MS1

Výrobce:	ChemSafe
Materiál:	100% polypropylen
Technologie:	netkaná textilie
Plošná hmotnost:	50 g.m ⁻²
Cena oděvu:	54 Kč

Míra ochrany: Odolává některým chemikáliím, kategorie CE III typ 5 a 6.

Doporučené použití: k ochraně uživatelů před škodlivými látkami a k ochraně citlivých výrobků před kontaminací člověkem. Obvyklé použití je ochrana proti jemným částicím (prachu) a postřikáním kapalinami.

5. ChemSafe C1

Výrobce: ChemSafe

Materiál: 100% polypropylen

Technologie: netkaná textilie

Plošná hmotnost: 50g.m^{-2}

Cena oděvu: 75 Kč

Úprava: antistatická, snížená hořlavost

Míra ochrany: Odolává některým chemikáliím, kategorie CE III typ 5 a 6, ochrana proti průniku radioaktivních částic.

Doporučené použití: k ochraně uživatelů před škodlivými látkami a k ochraně citlivých výrobků před kontaminací člověkem. Obvyklé použití je ochrana proti jemným částicím (prachu) a postřikáním kapalinami.

6. 3M 4520

Výrobce: 3M

Materiál: 100% polypropylen

Technologie: netkaná textilie

Plošná hmotnost: 45 g.m^{-2}

Cena oděvu: 114 Kč

Úprava: antistatická

Míra ochrany: kategorie CE III typ 5 a 6, ochrana proti průniku radioaktivních částic

Doporučené použití: Používá se k ochraně proti tuhým a kapalným aerosolům, kyselinám, zásadám nebo postřiku rozpouštědly a vodou. Mezi typické aplikace patří: lehká údržba, práce ve stavebnictví, práškové lakování, zpracování dřeva, kovů, nástřik laků, manipulace s azbestem, zpracování masa, zemědělské práce, pokládání izolací, lehká manipulace s chemikáliemi, úklid chemikálií, farmaceutická výroba, aplikace pryskyřic nebo čištění tlakovou vodou.

7. 3M 4530

Výrobce:	3M
Materiál:	100% polypropylen
Technologie:	netkaná textilie
Plošná hmotnost:	55 g.m ⁻²
Cena oděvu:	156 Kč
Úprava:	antistatická, samozhášivost
Míra ochrany:	kategorie CE III typ 5 a 6
Doporučené použití:	Ochranný oblek 3M 4530 je určen k použití v situacích, kdy je pravděpodobné, že uživatel přijde do styku s mírně stříkajícími nebo rozprašovanými tekutými chemikáliemi nebo suchými částicemi (prachem), představujícím omezené riziko. Nejvhodnější použití: stříkání nátěrových hmot, zpracování kovů, čištění a údržba v lehkém strojírenství, svařování.

8. Tyvek Practic

Výrobce:	DuPont
Materiál:	100% polyetylén
Technologie:	netkaná textilie
Plošná hmotnost:	65 g.m ⁻²
Cena oděvu:	154 Kč
Úprava:	mikroperforace
Doporučené použití:	ochrana proti znečištění před látkami, které nejsou nebezpečné. Ochranný oblek do míst ze zvýšeným výskytem nečistot a prachu.

9. KleenGuard T56

Výrobce:	Kimberly-Clark
Materiál:	100% polypropylen
Technologie:	netkaná textilie SMS
Plošná hmotnost:	50 g.m ⁻²
Cena oděvu:	193 Kč
Míra ochrany:	kategorie CE III typ 5 a 6, ochrana proti kontaminaci radioaktivním prachem

Doporučené použití: Ochrana proti prachu, vláknům a chemickému postřiku. Vhodné pro práci s azbestem, pro manipulaci s práškovými materiály, skelnou vatou, běžnou údržbu, úklid a stavební práce.

Více informací k uvedeným produktům obsahuje příloha č.4.

5.3 Propustnost vzduchu (prodyšnost)

Prodyšnost je definována normou jako rychlost proudu vzduchu [mm.s^{-1}] procházejícího kolmo na zkušební vzorek při specifických podmínkách pro zkušební plochu, tlakový spád a dobu. [66]

Přístroje

SDL M021S - zařízení pro měření prodyšnosti materiálů

Přístroj SDL M021S měří propustnost vzduchu u textilií a materiálů s charakterem textilií tak, že pomocí vakuového čerpadla nasává vzduch přes vzorek. Objem průtoku vzduchu [ml.s^{-1}] se měří zvoleným průtokoměrem (1 až 4) vůči specifikovanému podtlaku, který se nastavuje v trubici manometru. Rozsah nastavitelného tlaku na přístroji je 100 Pa, 500 Pa, 1 kPa, 2 kPa. Výsledky zkoušky se obvykle vyjadřují jako propustnost vzduchu [$\text{mm.s}^{-1}.\text{cm}^{-2}$] při daném tlaku. Přístroj obsahuje 4 průtokoměry pokrývající rozsah toku vzduchu od $0,05 \text{ ml.s}^{-1}$ do 400 ml.s^{-1} . Průtokoměry se volí přepínačem na předním panelu přístroje. Přepínače s ventily regulují průtok vzduchu vzorkem a zvoleným průtokoměrem. Vzduchové čerpadlo je v krytu ve zvláštní jednotce a potrubím je propojeno s přístrojem. Přístroj pracuje podle normy ČSN EN ISO 9237 [66]



Obr. 21.: Přístroj SDL M021S. [67]



Obr. 22.: Přístroj ALMEMO 22902-4. [68]

Z důvodu, že manometr přístroje SDL M021S má pro měření nedostatečné rozlišení nastavitelného tlaku, byl nahrazen měřicím přístrojem ALMEMO 22902-4. Přenosný bateriový přístroj sestává z univerzální centrální měřicí jednotky s digitální indikací a možností připojení 4 měřících sond. Mezi sondami a měřicí jednotkou se nachází speciální přizpůsobovací konektory (interface). [68]

Podmínky měření

Zkouška byla provedena v klimatizované laboratoři za těchto klimatických podmínek:

- teplota okolí 21°C
- relativní vlhkost vzduchu 65%

Parametry měření

Testovaný vzorek

- vzorek musí být před provedením zkoušky klimatizován dle ISO 139, nesmí vykazovat známky poškození
- od každého měřeného materiálu 10 vzorků o rozměru 15x15cm

Parametry přístroje

- tlakový spád 3 Pa
- průtokoměr č.3 4,0 – 40 ml.s⁻¹
- průtokoměr č.4 40 – 400 ml.s⁻¹

Postup měření

Postup měření je uveden v příloze č. 2

Výpočty

Z jednotlivých měření se vypočítá aritmetický průměr podle vzorce:

$$\overline{q_v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_{vi} \text{ [ml.s}^{-1}\text{]}$$

n počet měření

i pořadí měření

q_{vi} naměřená hodnota v i-tém měření (i = 1, 2, 3, n)

Prodyšnost se spočítá podle vzorce:

$$R = \frac{\overline{q_v}}{A} \cdot 10 \text{ [mm.s}^{-1}\text{]}$$

$\overline{q_v}$ aritmetický průměr naměřených hodnot

A zkoušená plocha textilie = 20 cm²

10 přepočítávací faktor z [mm.s⁻¹.cm⁻²] na [mm.s⁻¹]

		p [Pa]	qv [ml.s-1]									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Polyclean	3	50	55	65	55	50	60	60	55	50	60
2	Minto	3	350	340	340	290	240	320	250	330	280	360
3	PO106	3	210	210	190	220	160	160	200	160	220	220
4	ChemSafe MS1	3	18,5	19	21	19	19	21	19	19	20	19
5	ChemSafe C1	3	5	4	6	5	5,5	5,5	6	5	5,5	5,5
6	4520 3M	3	10,5	10	9	9	10	9	9	9	9	9
7	4530 3M	3	23,5	22	21	21	21	19	19	18	16	17
8	Tyvek Practic	3	16	14	14	15	15	13,5	15	12	13	15,5
9	T56 KleenGuard	3	14,5	14	13,5	13,5	13,5	14,5	15	15	13	13

Tab.1.: Naměřené hodnoty průtoku vzduchu

		p [Pa]	$\overline{q_v}$ [ml.s-1]	s [ml.s-1]	v [%]	R [mm.s-1]
1	Polyclean	3	56	4,899	8,7	28
2	Minto	3	310	40,249	13	155
3	PO106	3	195	24,597	12,6	97,5
4	ChemSafe MS1	3	19,45	0,85	4,4	9,7
5	ChemSafe C1	3	5,3	0,557	10,5	2,7
6	4520 3M	3	9,35	0,55	5,9	4,7
7	4530 3M	3	19,75	2,228	11,3	9,9
8	Tyvek Practic	3	14,3	1,166	8,2	7,2
9	T56 KleenGuard	3	13,95	0,723	5,2	7

Tab. 2.: Vypočtené hodnoty prodyšnosti

p tlakový spád [Pa]

q_v rychlost průtoku vzduchu [ml.s⁻¹]

$\overline{q_v}$... aritmetický průměr naměřených hodnot [ml.s⁻¹]

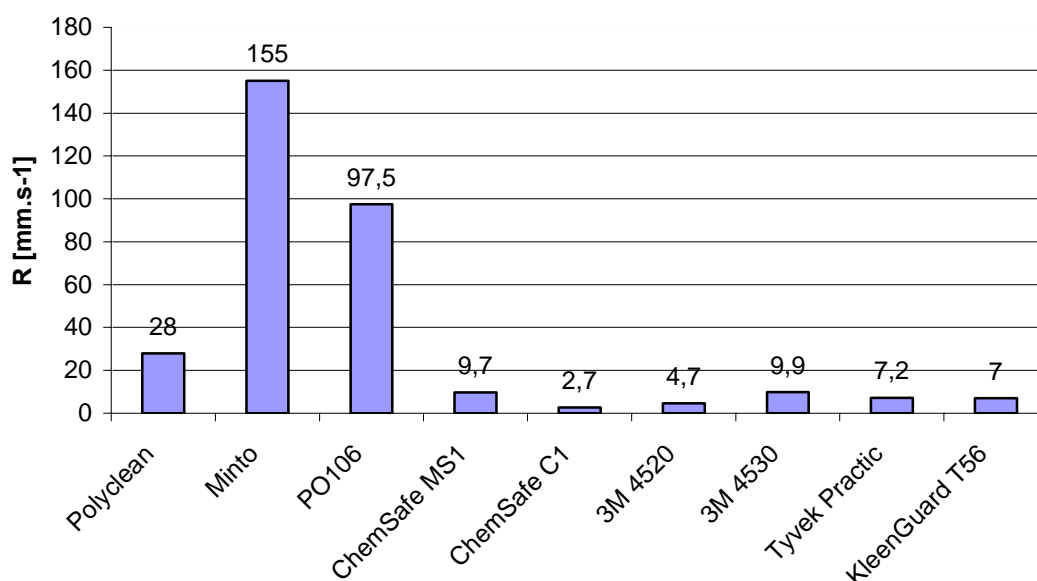
s směrodatná odchylka [ml.s⁻¹]

v variační koeficient [%]

R prodyšnost [mm.s⁻¹]

Vyhodnocení prodyšnosti

Celkem bylo testováno 10 vzorků každého materiálu z devíti odlišných oděvů. Jelikož se jedná o netkané oděvy, dala se předpokládat vysoká vzdušná propustnost. Aby se tato vlastnost dala mezi jednotlivými druhy porovnat, musí být vzorky měřeny pod stejným tlakovým spádem. Tlakový spád byl zvolen podle materiálu oděvu Minto, u něhož byla prodyšnost měřitelná nejvýše při 3 Pa. Naměřené výsledky z přístroje byly v jednotkách $\text{mm.s}^{-1}.\text{cm}^{-2}$, ty se pak přepočítávali na mm.s^{-1} . Jak už bylo uvedeno v úvodu experimentální části, prodyšnost byla sledována na materiálech z vnější strany oděvu směrem k vnitřní.

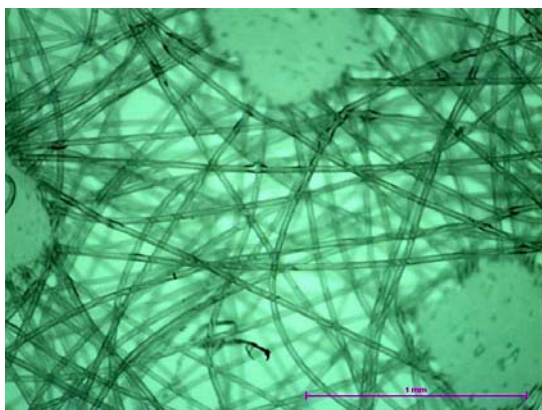


Graf.1.: Prodyšnost

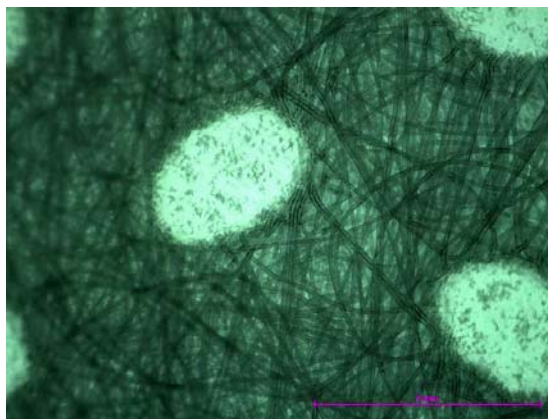
Z grafu je patrné, že výsledné hodnoty prodyšnosti zkoušených materiálů pro jednorázové oděvy jsou na první pohled velmi odlišné. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou se blíží k šedesátinásobku. Nejvyšší propustnost vzduchu byla naměřena u materiálu, z něž je vyroben ochranný overal firmy DuPont. Nejnižší hodnota byla naměřena u materiálu oděvu ChemSafe C1, jejíž hodnota je $2,7 \text{ mm.s}^{-1}$, což je o více než 152 mm.s^{-1} u předchozího materiálu.

Značný rozdíl je dán strukturou materiálu, která je ve své podstatě také velmi odlišná. Na obrázku jsou pomocí přístroje HAISER RS1 a programu NIS-Elements AR 3.0 ukázky makrostruktury materiálu oděvů Minto a ChemSafe C1 (měřítko 1 mm). Odtud je vidět proč se propustnost vzduchu u těchto dvou materiálů tolik liší. Zaplněnost materiálu Minto je oproti ChemSafe podstatně nižší a jsou vidět volná, nepřekrytá místa, kterými může vzduch proudit. Většina ostatních oděvů se od hodnot materiálu ChemSafe C1 výrazně neliší.

Konkrétně se jedná o ChemSafe MS1, 3M 4520, 3M 4530, Tyvek Practic a KleenGuard T56. Ani struktura materiálu a zaplněnost vláken se výrazně neliší (viz. obrazová příloha 7).

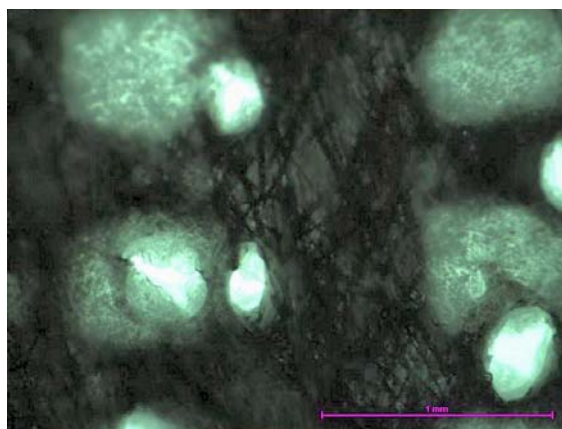


Obr. 203.: Minto



Obr. 24.: ChemSafe C1.

Výjimkou je materiál overalu Tyvek Practic firmy DuPont, jež je z několika vrstev netkané textilie. Na první pohled připomíná perforovanou fólii. Vrstvy netkané textilie se od sebe velmi liší pevností a zaplněností vláken. Na povrchu z vnější i vnitřní strany je pevná vrstva z jemných vláken tvořící ucelenou vrstvu, vnitřní vrstva je řídká netkaná textilie, jejíž vlákna se od sebe snadno oddělují. Perforace je provedena jednotně skrze všechny vrstvy. Vzhledem k ucelenosti spodní a vrchní vrstvy je předpoklad, že vzduch prochází především perforovanými místy.



Obr. 25.: Tyvek Practic

Vysokou prodyšností se také vyznačuje materiál ochranného oděvu PO106, který se svou strukturou a zaplněností přibližuje materiálu oděvu Minto. Tyto dva materiály s nevyšší prodyšností mají nejnižší plošnou hmotnost, která se zaplněností vláken souvisí.

5.4 Propustnost prachových částic (odlučivost)

Odlučivost na syntetický prach udává váhová procenta zkušebního prachu zachyceného za definovaných podmínek ve zkoušeném filtru. [69]

Přístroj

DFT-3 (Dust Filter Tester) - zařízení pro testování syntetickým prachem

Na přístroji DFT-3 lze testovat odlučivost syntetického prachu, tlakový spád, náletovou rychlost vzduchu pronikajícího filtrem, celkové množství prachu zachyceného filtrem během testu (souvisí s životností filtru) a změny uvedených vlastností v průběhu procesu filtrace. Na přístroji DFT-3 se používá testovací syntetický prach SPONGELIT, který odpovídá starší normě ČSN 12 516. [70] Schéma přístroje viz. Příloha č. 3



Obr. 26.: Přístroj DFT-3 pro testování syntetickým prachem. [70]

Podmínky měření

Zkouška byla provedena v klimatizované laboratoři za těchto klimatických podmínek:

- teplota okolí 21°C
- relativní vlhkost vzduchu 65%

Parametry měření

Parametry filtrace:

- rychlost filtrace 3500 [l/hod] = 58,33 [l/min]
- přefiltrovaný objem za 3 minuty $V = (3500 \cdot 3) / 60 = 175$ [l]
- koncentrace prachu $c = m/V = (0,2/175) / 1000 = 1,14 \cdot 10^{-6}$ [g/m³]
- filtrační plocha $38 \cdot 10^{-3}$ [m²]

Testovací prach SPONGELIT

- velikost částic je z 90% menších než 10 µm
- hmotnost prachu pro každé měření je $0,2 \cdot 10^{-3}$ [kg]

Absolutní filtr

- filtrační papír
- rozměr vzorku $15 \times 15 \cdot 10^{-2}$ [m²]
- plošná hmotnost $m_s = 6,889 \cdot 10^{-2}$ [kg. m⁻²]
- 1 absolutní filtr byl použit pro 3 až 4 filtrace

Testovaný vzorek

- kruhového průřezu o průměru přibližně 14,5 cm
- od každého typu 10 vzorků, celkem 9x10

Postup měření

Postup měření je uveden v příloze č. 3.

Výpočet

Efektivita (odlučivost) je dána vztahem:

$$E = \left[1 - \frac{G_1}{G_2} \right] \cdot 100 \quad [\%]$$

G_1 množství prachu nezachyceného vzorkem $G_1 = m_{A2} - m_{A1}$ [g]

G_2 množství prachu na vzorku a na absolutním filtru $G_2 = G_1 + (m_{V2} - m_{V1})$ [g]

	G1 [g]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Polyclean	0,024	0,018	0,021	0,013	0,013	0,017	0,022	0,015	0,021	0,014
2	MINTO	0,052	0,056	0,051	0,108	0,036	0,061	0,059	0,052	0,047	0,057
3	PO106	0,052	0,031	0,025	0,034	0,035	0,042	0,035	0,031	0,029	0,040
4	ChemSafe MS1	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000
5	ChemSafe C1	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
6	3M 4520	0,001	0,001	0,003	0,002	0,006	0,002	0,002	0,004	0,001	0,004
7	3M 4530	0,002	0,003	0,002	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002
8	Tyvek Practic	0,088	0,082	0,077	0,107	0,082	0,093	0,081	0,079	0,097	0,086
9	KleenGuard T56	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000

Tab. 3.: Množství prachu nezachyceného vzorkem - $G1$ [g]

	G2 [g]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Polyclean	0,175	0,166	0,165	0,161	0,130	0,164	0,175	0,154	0,163	0,143
2	MINTO	0,150	0,139	0,125	0,224	0,116	0,145	0,152	0,143	0,134	0,153
3	PO106	0,184	0,145	0,129	0,163	0,150	0,153	0,163	0,155	0,147	0,153
4	ChemSafe MS1	0,155	0,148	0,160	0,152	0,143	0,156	0,151	0,156	0,154	0,141
5	ChemSafe C1	0,147	0,163	0,149	0,148	0,148	0,152	0,161	0,149	0,146	0,148
6	3M 4520	0,170	0,166	0,174	0,153	0,166	0,167	0,159	0,165	0,171	0,167
7	3M 4530	0,158	0,147	0,156	0,148	0,146	0,150	0,153	0,155	0,148	0,149
8	Tyvek Practic	0,133	0,126	0,119	0,167	0,122	0,145	0,139	0,118	0,135	0,130
9	KleenGuard T56	0,169	0,154	0,154	0,164	0,152	0,161	0,154	0,154	0,160	0,164

Tab. 4.: Množství prachu na vzorku a na absolutním filtru - G2 [g]

	E [%]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Polyclean	86,3	89,2	87,3	91,9	90	89,6	87,4	90,3	87,1	90,2
2	MINTO	65,3	59,7	59,2	51,8	69	58	61,2	63,6	64,9	62,7
3	PO106	71,7	78,6	80,6	79,1	76,7	72,5	78,5	80	80,3	73,9
4	ChemSafe MS1	99,4	99,3	99,4	100	99,3	100	98,7	99,4	99,	100
5	ChemSafe C1	99,3	100	100	100	99,3	100	100	99,3	100	99,3
6	3M 4520	99,4	99,4	98,	98,7	96,4	98,8	98,7	97,6	99,4	97,6
7	3M 4530	98,7	98	98,7	98	99,3	98,7	98,7	98,7	98	98,7
8	Tyvek Practic	33,8	34,9	35,9	35,9	32,8	35,9	41,7	33,1	28,1	33,8
9	KleenGuard T56	99,4	99,4	100	99,4	100	99,4	100	99,4	99,4	100

Tab. 5.: Efektivita zachycení syntetického prachu Spongelit

		\overline{G}_1 [g]	\overline{G}_2 [g]	\overline{E} [%]	S [%]	v [%]
1	Polyclean	0,018	0,160	88,9	1,713	1,9
2	MINTO	0,058	0,148	61,5	4,516	7,3
3	PO106	0,035	0,154	77,2	3,153	4,1
4	ChemSafe MS1	0,001	0,152	99,5	0,397	0,4
5	ChemSafe C1	0,000	0,151	99,7	0,331	0,3
6	3M 4520	0,003	0,166	98,4	0,938	1
7	3M 4530	0,002	0,151	98,5	0,416	0,4
8	Tyvek Practic	0,087	0,133	34,5	3,212	9,3
9	KleenGuard T56	0,001	0,159	99,6	0,306	0,3

Tab. 6.: Vypočtené hodnoty efektivity zachycení prachových částic

$\overline{G_1}$ množství prachu nezachyceného vzorkem $G_1 = m_{A2} - m_{A1}$ [g]

$\overline{G_2}$ množství prachu na vzorku a na absolutním filtru $G_2 = G_1 + (m_{V2} - m_{V1})$ [g]

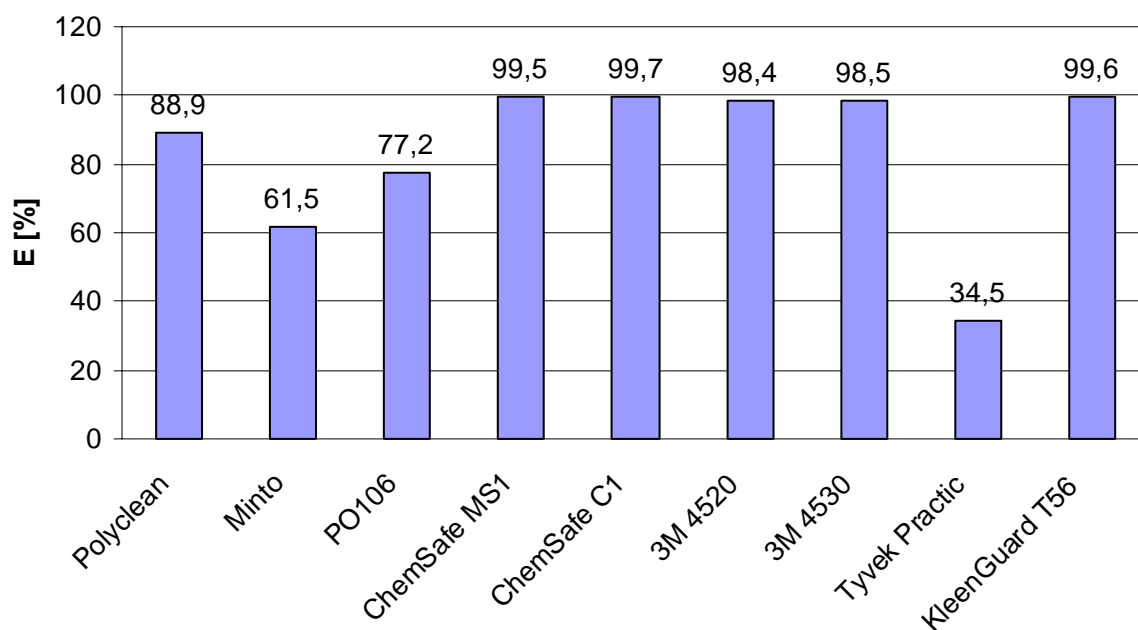
s směrodatná odchylka

v variační koeficient [%]

E efektivita (odlučivost) [%]

Vyhodnocení odlučivosti na prachové částice

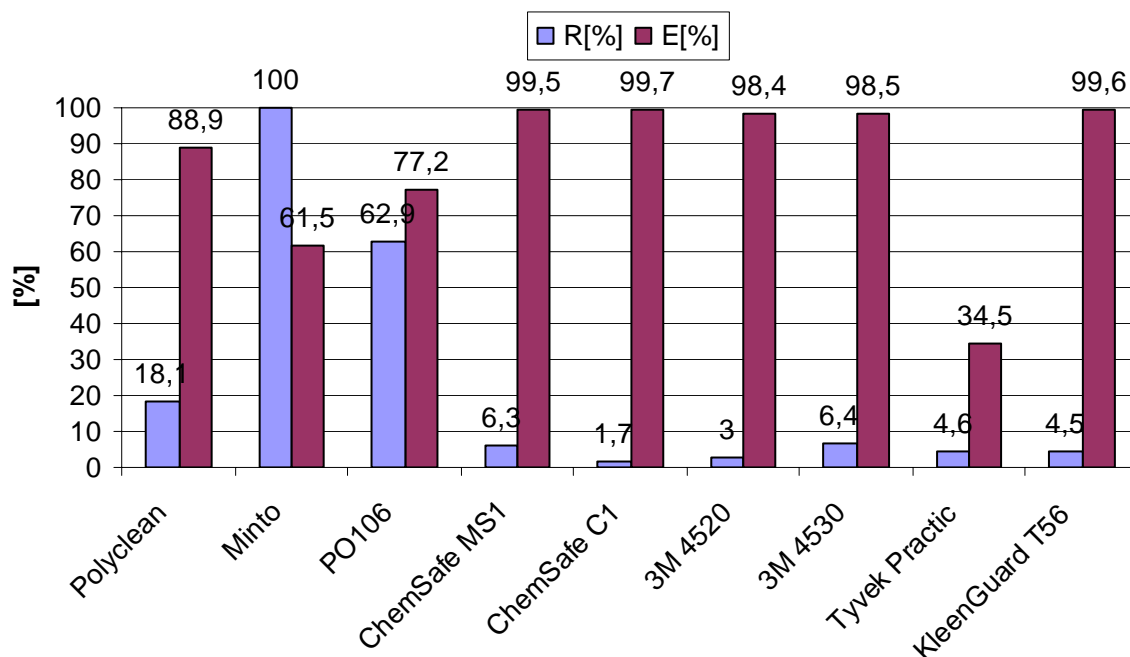
V této části experimentu bylo zjišťováno kolik procent podaného prachu je každý materiál schopen zachytit. Srovnáno bylo váhové množství dodaného prachu a prachu prošlého skrz materiál. Měření bylo provedeno na přístroji DFT-3 na katedře Netkaných textilií. Přístroj je určen k testování odlučivosti syntetického prachu pro filtry. Tento přístroj byl zvolen po konzultaci s vedoucím katedry Netkaných textilií z toho důvodu, že na škole není zařízení pro měření celého oděvu podle normy ČSN EN ISO 13982-1, která specifikuje základní požadavky na odolnost ochranných oděvů proti poletavým částicím prachu. Zkoumány jsou materiály jednotlivých oděvů, nikoli celý oděv a výsledné hodnoty jsou porovnány mezi sebou.



Graf. 2.: Efektivita zachytu částic prachu

Tak jako v předchozí kapitole měření prodyšnosti i zde se projevil vliv struktury vláken a zaplnění na propustnost prachových částic. Vesměs oděvy s nižší prodyšností vynikají vyšší efektivitou v zachycování prachu než oděvy s vysokou prodyšností. Vysokou hodnotu efektivit získaly ChemSafe MS1, ChemSafe C1, 3M 4520, 3M 4530 a KleenGuard

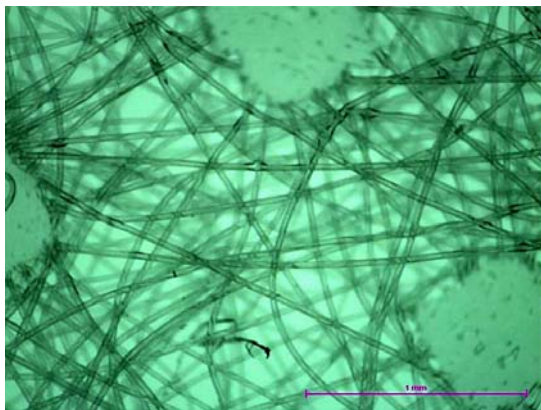
T56. Z toho oděv s nejvyšší hodnotou efektivity má, jak bylo zjištěno v předchozí kapitole, nejnížší prodyšnost. Jedná se o materiál oděvu ChemSafe C1. Pro přehled a snazší porovnání jsou v následujícím grafu uvedeny společně prodyšnost a R [%] a efektivita na syntetický prach Spongelit E [%]. Hodnota prodyšnosti R [mm.s⁻¹] je přepočítána na procenta podle nejvyšší naměřené hodnoty (155 mm.s⁻¹ = 100%).



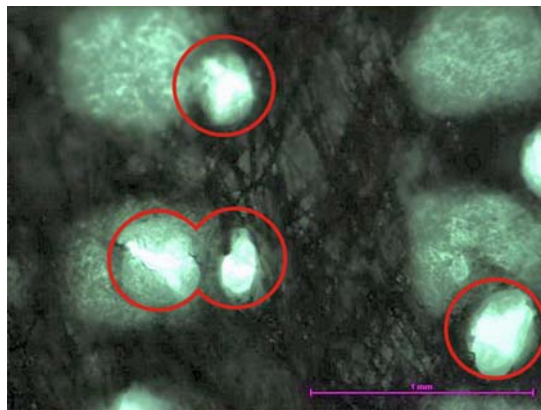
Graf. 3.: Efektivita zachytu částic prachu a prodyšnost.

Přesto úměra mezi prodyšností a efektivitou není přímá. Příkladem je materiál oděvu Tyvek Practic, který dopadl nejhůře. Hodnotu efektivity měl skoro třikrát menší, než výrobek s nejvyšší hodnotou. Přesto hodnotou prodyšnosti se pohybuje mezi materiály s vysokou efektivitou. Důvodem je velikost pórů mezi vlákny. Velikost vzduchových pórů v textiliích, jejich tvar, uspořádání a četnost jsou rozhodující charakteristiky plošných textilií z hlediska jejich propustnosti. V případě materiálu Tyvek Practic se jedná o velikost perforovaných míst.

Jak je vidět z níže uvedených obrázků, na obrázku vlevo jsou prostory mezi vlákny daleko menší, než na obrázku vpravo, kde jsou perforovaná místa označena červeně. Přestože materiál oděvu Tyvek Practic má póry oproti materiálu oděvu Minto větší, má jich na jednotku plochy daleko méně. Celkový objem volného prostoru v textiliích kudy může volně proudit vzduch má materiál oděvu Minto znatelně větší, proto je i jeho prodyšnost daleko větší. Na druhou stranu, propustnost pro prachové částice určuje především velikost částic prachu a velikost mezivláknenného prostoru. Skrze větší póry mohou částice lépe projít, proto perforovaný materiál oděvu Tyvek Practic má tak nízkou efektivitu.



Obr. 27.: Materiál oděvu Minto



Obr. 28.: Materiál oděvu Tyvek Practic

Dalším faktorem ovlivňující propustnost prachových částic textilií je elektrostatický náboj. Elektrostatické síly působí zvláště na jemné částičky prachu, které jsou při opačné polaritě vláken a prachových částic k sobě vzájemně přitahovány. Více viz. Následující kapitola.

5.5 Testování aerosolem NaCl

Přístroj

Bench Mounting Rig type 1100 P - zařízení pro testování aerosolem NaCl

Toto zařízení měří odlučivost částic menších 2 μm , tlakový spád a průtok vzduchu pronikajícího testovaným filtrem. Test je prováděn podle normy BS 4400. Je to Britská norma: 'Method for Sodium Chloride Particulate Test for Respirator Filters'. Zařízení je určeno zejména pro vysoce účinné filtry. [71]



Obr. 29.: Bench Mounting Rig type 1100 P - zařízení pro testování aerosolem NaCl. Zdroj [71]

Princip přístroje:

Roztok 10% NaCl je rozprášen a zbaven vody ve vypařovací trubici. Výsledkem jsou částice soli definované velikostí. Tyto částice nalétávají definovanou rychlostí na testovaný vzorek (zároveň je snímán tlakový spád vzorku). V hořáku 9 hoří modrý plamen směsi vodíku a vzduchu. Projdou-li testovaným filtrem částice NaCl, obarví plamen do žluta. Čím více částic, tím větší intenzita žluté barvy plamene. Intenzitu žluté barvy plamene snímá spektrofotometr. Výstupem je hodnota průniku P částic testovaným vzorkem a tlakový spád. Schéma principu metody je uvedeno v příloze č.6..

Podmínky měření

Zkouška byla provedena v klimatizované laboratoři za těchto klimatických podmínek:

- teplota okolí 21°C
- relativní vlhkost vzduchu 65%

Parametry měření

Testovaný vzorek

- vzorek musí být před provedením zkoušky klimatizován dle ISO 139, nesmí vykazovat známky poškození

Parametry přístroje

- konstantní objem průtoku vzduchu 50 l/min
- testovací plocha (průřez potrubí těsně před filtrem) 100 cm², tedy kruhový otvor o průměru 112,8 mm

Aerosol

- 10% roztok NaCl
- velikost částic od 0,02 do 2 μm se střední hodnotou 0,65 μm (medián)
- koncentrace částic 13 mg/m³

Výpočty

Výstupními hodnotami z přístroje jsou hodnoty průniku částic P [%] testovaným vzorkem a tlakový spád p [Pa] při konstantním průtoku vzduchu 50 l/min.

	P [%]	1	2	3	\bar{P} [%]	s [%]	v [%]	E_P [%]
1	Polyclean	96,6	91	90,4	92,7	2,792	3	7,3
2	MINTO	90,7	89,4	88,9	89,7	0,759	0,8	10,3
3	PO106	81,3	81,9	81,1	81,4	0,34	0,4	18,6
4	ChemSafe MS1	51,1	52	49,5	50,9	1,034	2	49,1
5	ChemSafe C1	51,7	52,2	52,8	52,2	0,45	0,9	47,8
6	3M 4520	62,7	61,1	61,4	61,7	0,694	1,1	38,3
7	3M 4530	80,4	84,1	84,9	83,1	1,96	2,4	16,9
8	Tyvek Practic	82,7	79,5	79,9	80,7	1,424	1,8	19,3
9	KleenGuard T56	61,9	60,9	61,9	61,6	0,471	0,8	38,4

Tab. 7.: Naměřené a vypočtené hodnoty průniku P [%] a Efektivity E_P [%]

	p [Pa]	1	2	3	\bar{p}	s [Pa]	v [Pa]
1	Polyclean	4	10	8	7,3	2,494	34,2
2	MINTO	0	0	0	0	0	0
3	PO106	0	0	0	0	0	0
4	ChemSafe MS1	34	33	34	33,7	0,471	1,4
5	ChemSafe C1	98	94	87	93	4,546	4,9
6	3M 4520	55	69	65	63	5,888	9,3
7	3M 4530	29	36	34	33	2,944	8,9
8	Tyvek Practic	130	162	126	139,3	16,111	11,6
9	KleenGuard T56	36	38	36	36,7	0,943	2,6

Tab. 8.: Naměřené a vypočtené hodnoty tlakového spádu p [Pa]

E_P ... efektivita (odlučivost) aerosolu NaCl $E_P=100-P$ [%]

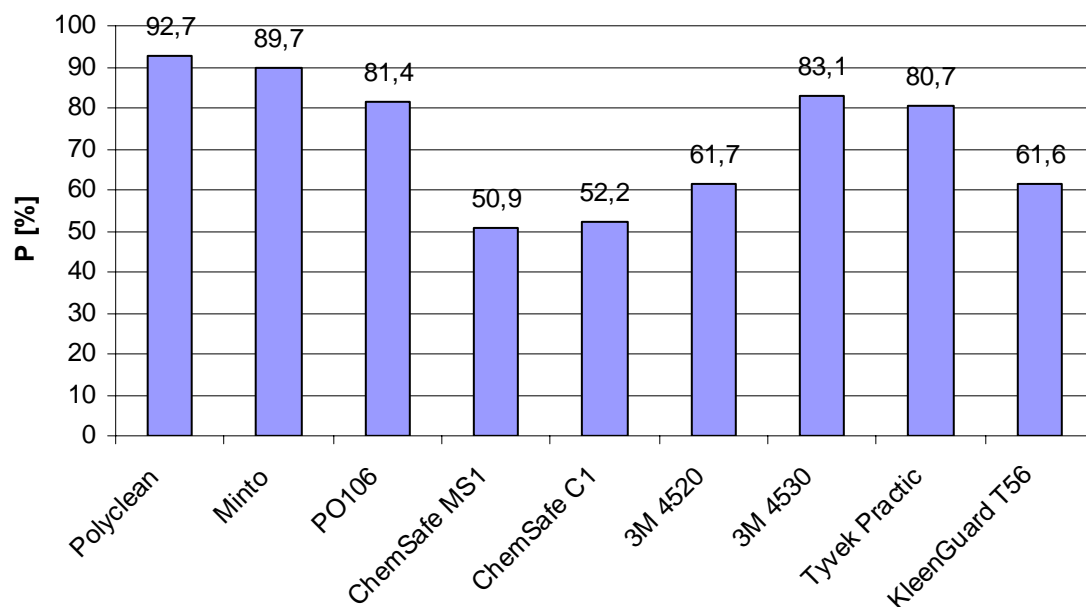
P Propustnost aerosolu NaCl [%]

p tlakový spád [Pa]

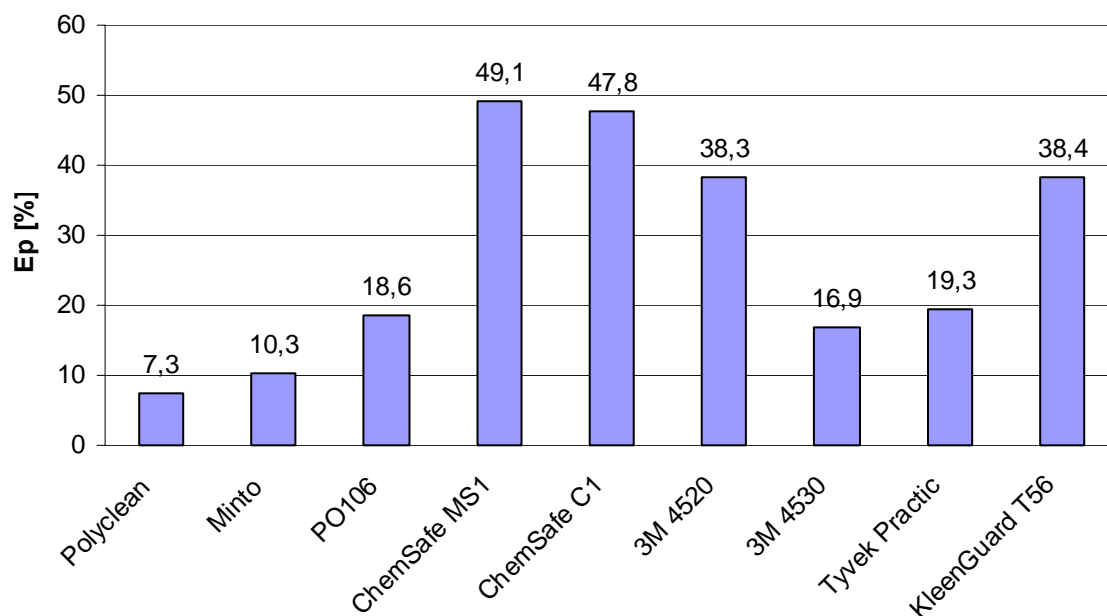
Vyhodnocení testu aerosolem NaCl

Na přístroji Bench Mounting Rig type 1100 P byla testována propustnost částic NaCl menších než 2 μm . Z propustnosti byla dopočítána efektivita testovaných materiálů

v procentech. Výsledné hodnoty efektivity zachycování částic aerosolu NaCl jsou nižší, než-li hodnoty efektivity zachycování prachových částic v předešlé kapitole. Tento fakt je dán rozdílnou velikostí částic testovacího média. Částice aerosolu NaCl o velikosti méně než 2 μm si mezi vlákny snáze naleznou cestu, než částice prachu Spongelit, jejichž velikost je z devadesáti procent menší než 10 μm .



Graf .3.: Průnik částic aerosolu NaCl



Graf 4.: Efektivita zachycení částic aerosolu NaCl

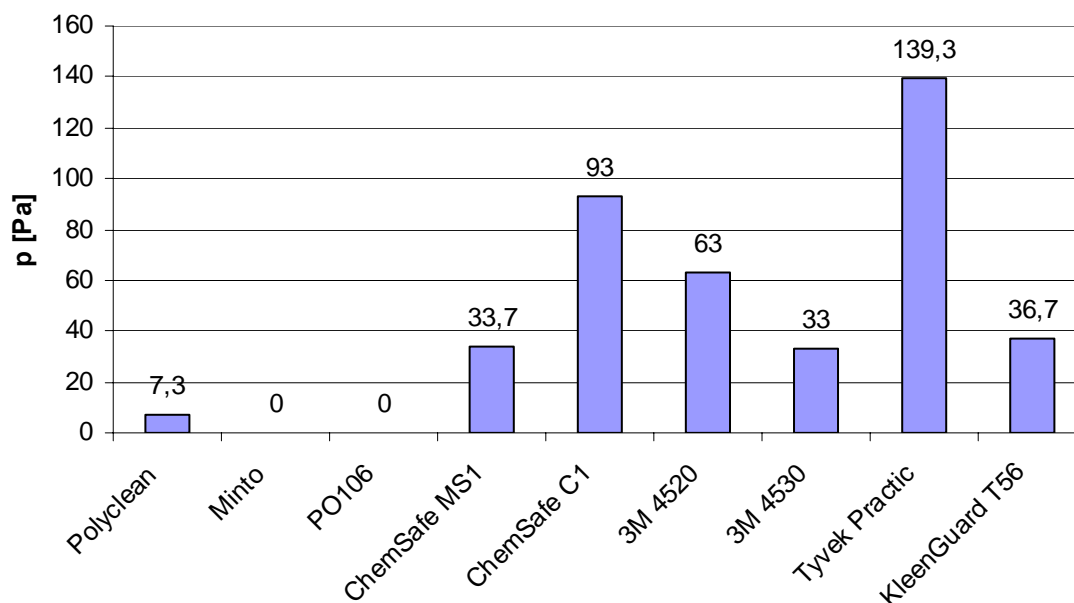
V tomto testu dopadly nejlépe materiály oděvů ChemSafe MS1 a ChemSafe C1, které zachytily téměř polovinu částic. Téměř čtyřiceti procentní účinnosti v zachycení částic dosáhly materiály oděvu 3M 4520 a KleenGuard T56. Tyto materiály mají podle makroskopického pohledu podobnou strukturu a zaplnění vláken.

Nejhorší hodnoty efektivity dosáhl materiál oděvu Polyclean. Propustnost tohoto materiálu je skoro sedminásobně vyšší, než materiálu ChemSafe MS1. Hned za ním se s téměř devadesáti procentní propustností umístil materiál oděvu Minto. Vzhledem k vysoké prodyšnosti a druhé nejvyšší hodnotě v propustnosti pro syntetický prach Spongelit z předchozího testu, se tento výsledek dal očekávat.

Překvapivým výsledkem byla naměřená hodnota materiálu 3M 4530. V předešlém testu byly naměřené hodnoty tohoto materiálu mezi nejlepšími výsledky. V testu na propustnost aerosolu NaCl dosáhl s více než osmdesáti procenty propustnosti na třetí nejhorší výsledek. Podobná hodnota byla naměřena i u oděvu PO106 a Tyvek Practic.

Faktorem, který mohl podstatně ovlivnit výsledky měření, je působení elektrostatického náboje. Zvláště u tak malých částic, jakými jsou částice aerosolu NaCl, se výrazně projevuje vliv přitažlivých sil mezi vlákenným materiálem a částicemi.

Kromě hodnoty průniku P částic testovaným vzorkem je výstupní hodnotou i tlakový spád. V části měření prodyšnosti byl test prováděn s konstantní hodnotou tlakového spádu 3Pa a měřen byl průtok vzduchu. Zde byl průtok vzduchu neměnnou veličinou a měřen byl tlakový spád. Srovnáním hodnot z grafu s hodnotami grafu prodyšnosti je vidět úměra mezi hodnotami, čím vyšší naměřený tlakový spád na přístroji Bench Mounting Rig type 1100 P, tím nižší hodnota prodyšnosti z první části testu.



Graf. 5.: Tlakový spád z přístroje Bench Mounting Rig type 1100 P.

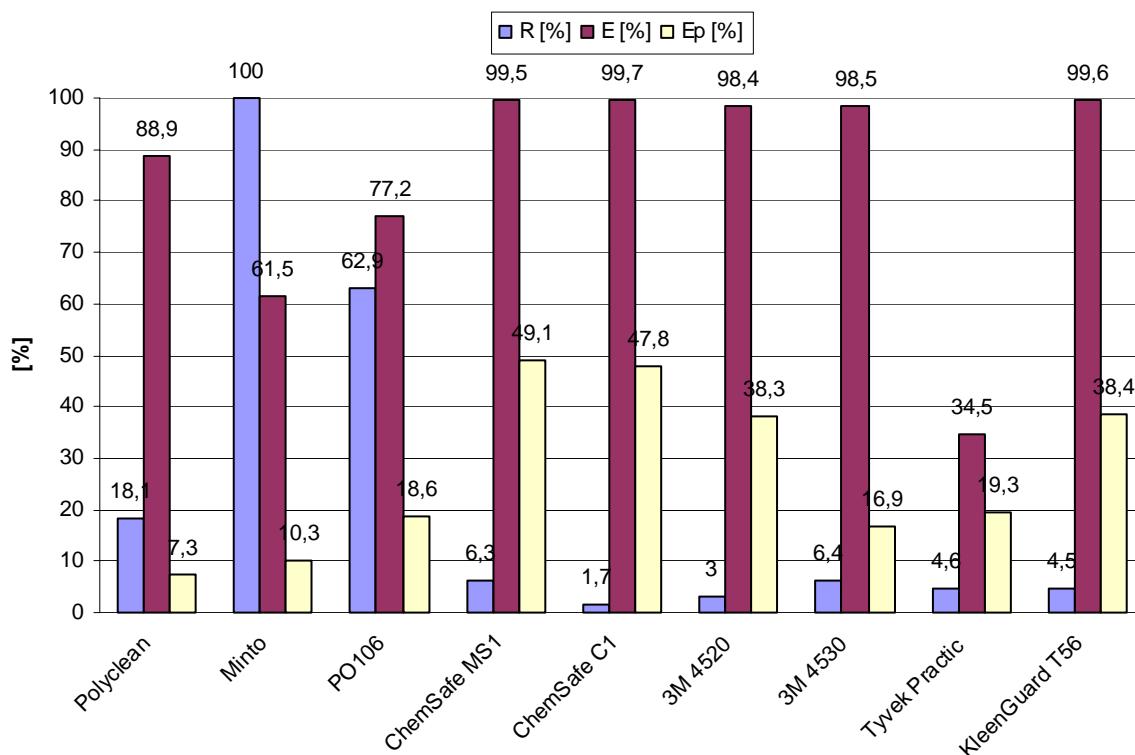
5.6 Vyhodnocení experimentu a srovnání s cenou

V této části vyhodnocení jsou shrnuty výsledky předchozích experimentů a výsledné hodnoty materiálů jsou porovnány i s cenou oděvů. Na cenu ochranných oděvů má kromě samotné ceny materiálu vliv i konstrukční zpracování, použité doplňky (manžety, gumičky, zip), míra komfortu a také míra požadavků a norem, které splňují. V tabulce jsou uvedeny výrobky, které byly použity pro experiment, nejnižší dohledaná cena daného výrobku a zdroj z kterého byla převzata.

	Název	Výrobce	Zdroj	Cena oděvu v Kč
1	Polyclean	DuPont	www.makronet.cz	55
2	MINTO	DuPont	www.makronet.cz	32
3	PO106	Delta Plus	www.sucom.cz	47
4	ChemSafe MS1	ChemSafe	www.makronet.cz	54
5	ChemSafe C1	ChemSafe	www.makronet.cz	75
6	3M 4520	3M	www.disamsafety.cz	114
7	3M 4530	3M	www.makronet.cz	156
8	Tyvek Practic	DuPont	www.makronet.cz	154
9	KleenGuard T56	Kimberly-Clark	www.disamsafety.cz	193

Tab. 9.: Přehled oděvů, výrobce, zdroje a cena.

Pro přehled a snazší porovnání jsou v následujícím grafu uvedeny všechny tři výsledné hodnoty materiálů s předchozích testů, hodnota prodyšnosti R [%], hodnota efektivity na syntetický prach Spongelit E [%] a hodnota efektivity na aerosol NaCl R_p [%]. Hodnota prodyšnosti R [mm.s^{-1}] byla přepočítána na procenta podle nejvyšší naměřené hodnoty ($155 \text{ mm.s}^{-1} = 100\%$).



Graf. 6.: Prodyšnost R [%], efektivita na syntetický prach Spongelit E [%] a efektivita na aerosol NaCl R_p [%].

Celkově v tomto experimentu dopadly nejlépe materiály ochranných oděvů firmy ChemSafe. Materiály ChemSafe MS1 a ChemSafe C1 mají nejlepší efektivitu zachytu na aerosol NaCl a dosáhly jedné z nejlepších hodnot efektivity na částice syntetického prachu Spongelit. Cenově se tyto oděvy ve srovnání s ostatními pohybují mezi těmi levnějšími produkty, zvláště ChemSafe C1, který je z těchto produktů třetím nejlevnějším. Oba tyto oděvy odolávají některým chemikáliím kategorie CE typu 5 a 6. ChemSafe C1 má navíc antistatickou úpravu a lze jej použít i jako ochranu proti radioaktivnímu prachu. Výrobce doporučuje tyto oděvy k ochraně uživatelů před škodlivými látkami a k ochraně citlivých výrobků před kontaminací člověkem. Obvyklé použití je ochrana proti jemným částicím (prachu) a postřikáním kapalinami.

Po materiálech oděvů ChemSafe dosáhly nejlepších hodnot materiály oděvu 3M 4520 a oděvu KleenGuard T56. V efektivitě na prachové částice Spongelit se s předchozími materiály shodují, ale mají horší bariérové vlastnosti vůči částicím aerosolu NaCl. Oba tyto oděvy splňují požadavky na kategorii CE III, typ 5 a 6 a jsou ochrannými oděvy proti znečištění radioaktivními částicemi. Produkt 3M 4520 má antistatickou úpravu a sníženou hořlavost. Je dražší než předchozí oděvy ChemSafe, ale je podstatně levnější než kombinéza KleenGuard T56. Výrobce 3M doporučuje tento produkt jako ochranu proti tuhým a kapalným aerosolům, kyselinám, zásadám nebo postřiku rozpouštědly a vodou. Za typické aplikace tohoto produktu považuje lehkou údržbu, práce ve stavebnictví, práškové lakování, zpracování dřeva, kovů, nástřik laků, manipulace s azbestem, zpracování masa, zemědělské práce, pokládání izolací, lehké manipulace s chemikáliemi, farmaceutickou výrobu, aplikaci pryskyřic nebo čištění tlakovou vodou. Ochranný oděv KleenGuard T56 je mezi všemi testovanými produkty nejdražší. Výrobce jej doporučuje jako ochranu proti prachu, vláknům a chemickému postřiku. Vhodný je pro práci s azbestem, pro manipulaci s práškovými materiály, skelnou vatou, pro běžnou údržbu, úklid a stavební práce.

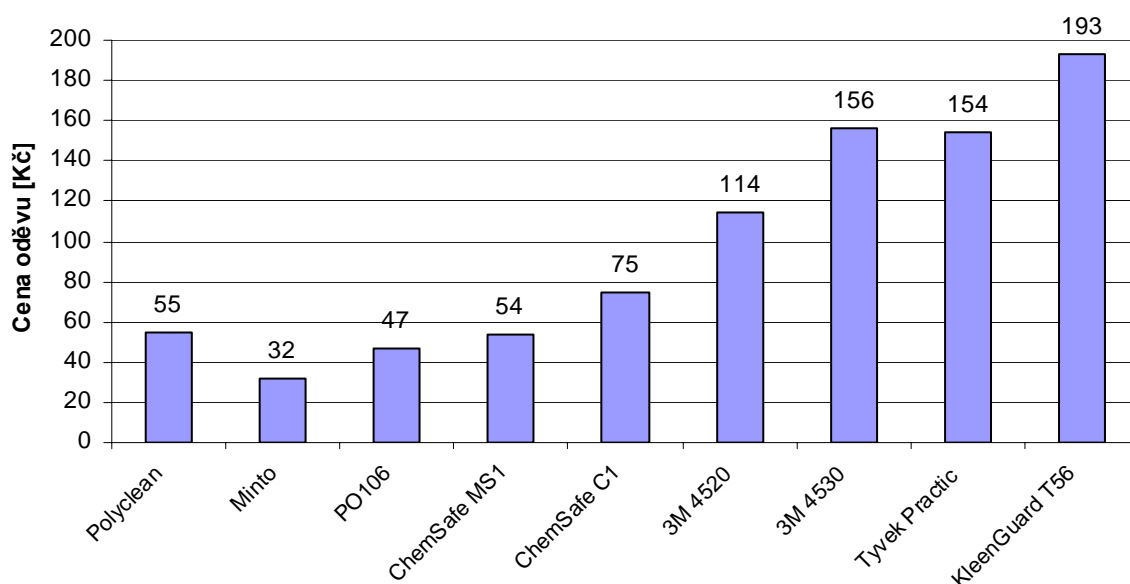
Výrobkem, který také dosáhl téměř stoprocentní odlučivosti na syntetický prach je materiál oděvu 3M 4530. Horšího výsledku oproti předchozím ale dosáhl v testu na částice aerosolu NaCl. Dosažená efektivita byla třikrát horší oproti nejlépe vyhodnocenému materiálu. Cena tohoto oděvu oproti ostatním je vyšší, ale jak již bylo uvedeno na začátku kapitoly, podílejí se na ní i další faktory. Výrobce doporučuje tento produkt jako ochranu před mírně stříkajícími nebo rozprašovanými tekutými chemikáliemi nebo suchými částicemi (prachem), představujícím omezené riziko. Nejvhodnějším použitím je stříkání nátěrových hmot, zpracování kovů, čištění a údržba v lehkém strojírenství, svařování. Ochranný oděv odpovídá kategorii CE III, typu 5 a 6.

Zhruba stejné ceny, ale podstatně horších výsledků v testech dosáhl materiál ochranného oděvu Tyvek Practic. Výrobce tento oděv doporučuje jako ochranu proti ušpinění do míst se zvýšeným výskytem nečistot a prachu. Určen je pouze jako ochrana proti znečištění před látkami, které nejsou nebezpečné. Není ochranným oděvem proti chemikáliím a nevyhovuje kategoriím certifikace III CE. Nejčastěji se používá v opravárenském průmyslu. Vyšší cena pravděpodobně dána parametry textilie, oproti ostatním se vyznačuje vyšší pevností a odolností vůči mechanickým rizikům. Pro přesné posouzení by bylo potřeba provést testy na mechanické vlastnosti textilií.

Materiál ochranného oděvu PO106 se s téměř devadesátiprocentní hodnotou efektivity na syntetický prach blíží k nejlepším naměřeným hodnotám. Ovšem v testu na ochranu proti

částicím aerosolu NaCl dopadl nejhůře. Oděv spadá do kategorie CE III na ochranný prostředek typu 5/6, má antistatickou úpravu a je ochranou před radioaktivním prachem. Výrobce tento produkt doporučuje k ochraně uživatelů před škodlivými látkami a k ochraně citlivých výrobků před kontaminací člověkem. Obvyklé použití je ochrana proti jemným částicím (prachu) a postřikáním kapalinami. Přestože oproti jiným testovaným výrobkům, které splňují požadavky na ochranné prostředky třetí kategorie typu 5 a 6, má v prováděných testech nejhorší výsledky, jeho cena je mezi nejpříznivějšími.

Materiály oděvů Polyclean a Minto mají nejnižší ceny a plošnou hmotnost a nejvyšší prodyšnost. Ani jeden z nich nespadá do kategorie CE III typu 5/6 a výrobce u těchto produktů pouze uvádí použití na ochranu proti ušpinění do míst se zvýšeným výskytem nečistot a prachu.



Graf. 7.: Cena ochranných oděvů.

5 Trendy materiálů pro speciální ochranné prostředky

Značného vývoje a rozmachu dosáhl textilní průmysl ve dvacátém století. Několik posledních desetiletí se vývoj soustředí na oblast inteligentních textilií a v tomto oboru také dosáhl značného pokroku. Inteligentní textilií lze definovat jako textilií, která je schopna reagovat na vnější podmínky tím, že je do ní například vloženo elektronické zařízení nebo inteligentní materiál. Snahou je uplatnit tyto materiály ve všech oblastech textilního odvětví, ať už se jedná o technické nebo oděvní textilie. Mnoho inteligentních textilií se vyskytuje v pokročilých typech oděvů užívaných pro ochranu a bezpečnost a přídatnou módu a komfort.

Jedním z hlavních důvodů rychlého rozvoje inteligentních textilií jsou vojenské aplikace. Odtud se pak výzkum dostává a prolíná s dalšími textilními odvětvími jako jsou technické textilie, medicína, sport, ochranné a pracovní oděvy i oděvy pro běžné nošení. Na vývoji inteligentních textilií se podílí různé inženýrské obory, inspirovaní přírodou, zahrnují elektroniku a nanomateriály.

Jednou z možností využití nanomateriálů jsou samočisticí textilie, účinek těchto textilií se též nazývá „**efekt lotosového květu**“. Jedná se o schopnost textilie samovolně odpuzovat z povrchu vodu a nečistoty. Název vznikl podle rostliny, již se vědci inspirovali. Na listech lotosu dochází k tomu, že se drobné kapky vody kutálejí po listech dolů a berou sebou malé částičky nečistot. Pozorováním bylo zjištěno, že neefektivněji odpuzují vodu nikoli ty nejhladší povrchy, nýbrž ty, které se vyznačují komplikovanou texturou několika desítek nanometrů.



Obr. 30.: Kapka na lotosovém listu. Zdroj [72]

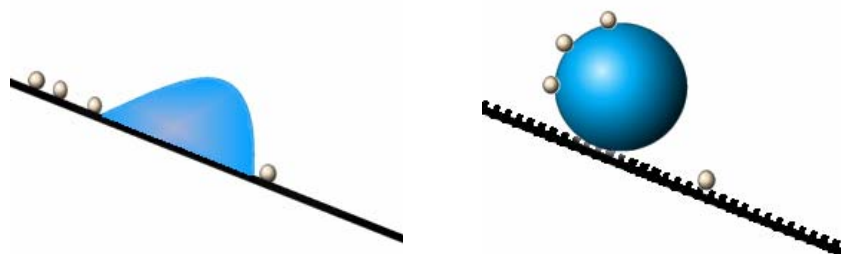


Obr. 31: Příklad samočisticí funkce. Zdroj [73]

Na povrchově ošetřených textiliích je nesčetný počet částic o průměru méně než 100 nanometrů, které jsou zapuštěny do nosné matice. Do kontaktu s povrchem textilie se dostávají pouhá dvě až tři procenta povrchu kapky. A protože tento kontakt se odehrává na malé části, přilnavá síla, jež by za jiných okolností způsobila rozlití kapky po povrchu, zůstává též minimální. Namísto ní se tak uplatňuje pnutí na povrchu vody, kapka vytvoří kuličku a z listu se skutálí. Tyto kapky vody s sebou berou i částice nečistot, které rovněž nemají skoro žádný kontakt s povrchem textilie.

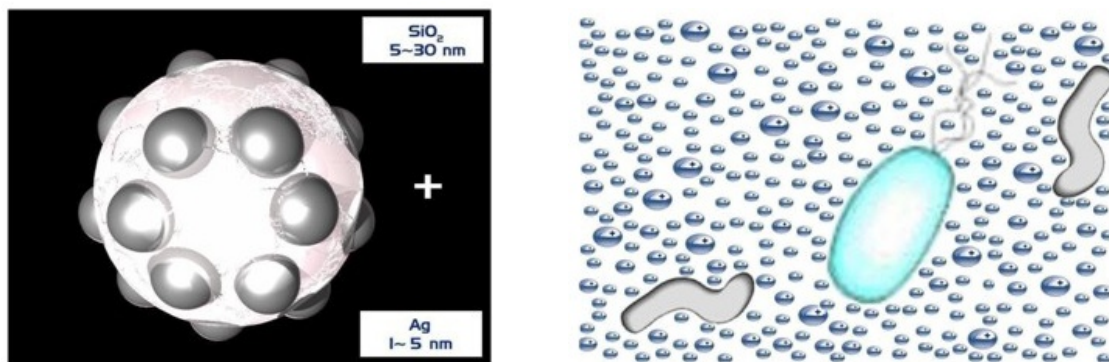
Na textilie se ochranná vrstva aplikuje tak, že se jednotlivá vlákna obalí. Vytvořená nanovrstva je odolná vůči environmentálním nečistotám, transparentně opticky nezměněná, UV stabilní. Vzhled, dýchání a pocit na dotyk se u takto ošetřených materiálů nezmění. Textil vydrží asi 15 prání při 40°C. Jestliže dojde k poškození ochranné vrstvy, může se poškozené

místo bez problémů opravit znovunanesením nano-přípravku. Samočisticí textilie ocení zejména ti lidé a firmy, kteří musí dodržovat hygienické předpisy, například prostředí zpracování potravin. Produkty tohoto charakteru se zabývá firma Nanotrading a firma BASF. [74] [75]



Obr. 32.: „normální“ povrch (vlevo) a samočisticí povrch. Zdroj [76]

Dalším příkladem využití nanomateriálů je přípravek **Nanosilver** firmy Nanotrading. Jedná se o roztok obsahující prvky stříbra a silice. Výhodami stříbra jsou vodivé vlastnosti a silné antibakteriální účinky, výhodami silice jsou absorpční a dezodorizační vlastnosti. Výjimečnost tohoto materiálu je ve spojení a vytvoření kombinace a formy stříbra ve formě nanostříbra, která má diametrálně odlišné vlastnosti a charakteristiky než běžné stříbra. Velikost atomu stříbra je 13 nm a 1 cm³. Nanosilver roztoku obsahuje přibližně 600 biliónů silver molekul. Díky tomu, že jsou silice a silver nanokompozity tak malé a tak koncentrované v základě, jsou bakterie prakticky bez šance nekontaktovat se nanosilverem (obr.33) Nanosilver je zdraví neškodný, neobsahuje žádné toxiny, které by mohli ublížit lidskému tělu a je šetrný k životnímu prostředí. Má silný bakteriální účinek a dokáže usmrtit cca. 650 druhů bakterií a virů. Při praní dochází k zanedbatelné ztrátě malých silver molekul a zušlechtění povrchu se může pro dosažení dezinfekčních vlastností zopakovat až po 50 praních. Sterilní oblečení, pracovní obuv a oděvy impregnované Nanosilver poskytují permanentní antimikrobiální ochranu. Textilie ošetřené tímto přípravkem se používají na oděvy v prostředí, kde je zvýšený výskyt bakterií a kde je potřeba udržovat sterilitu jako například ve zdravotnictví. [75]



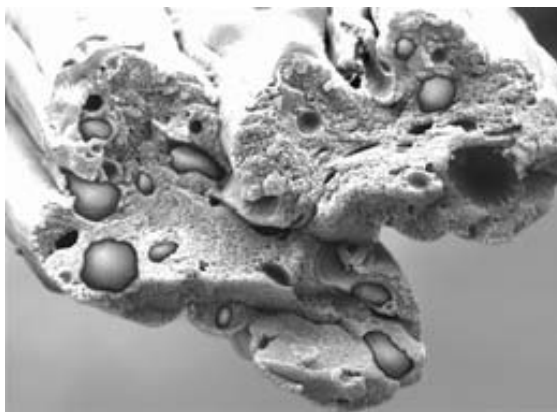
Obr. 33.: Částice materiálu Nanosilver a bakterie. Zdroj [75]

Dalším typem inteligentních textilií jsou textilie, v jejichž struktuře jsou zabudovány **mikrokapsule** (MICs). Proces zabudovávání mikrokapsulí do textilie se nazývá mikroenkapsulace. Je to proces vytváření polymerní schránky okolo kapek nebo částic materiálu jádra.

Mikrokapsule jsou definovány jako kulovité nebo méně pravidelné částice, většinou ve velikosti v rozmezí zhruba od 50 nm do 2 mm, případně větší. Skládají se z polymerního obalu a jádra, které tvoří aktivní komponenta. Aktivní komponentou mohou být například tzv. aktivní dávkovací systémy uvolňující do okolí různé substance jako jsou kosmetické přípravky, vitaminy, léčiva, ochranné prostředky proti hmyzu apod. Princip této funkce je založen na mikrokapslích s propustným obalem, který je schopen tyto látky postupně uvolňovat.

Dalším důvodem, proč takto upravovat materiál je například zvýšení stability v okolním prostředí (např. vůči oxidaci) a zároveň i ochrana okolního prostředí (např. před zápachajícími látkami), míšení nemísitelných materiálů (hydrofobních a hydrofilních) a přeměna tekutin a lepkavých pevných látek (např. adheziva) na sypké prášky. Největší výhodou enkapsulovaného materiálu je možnost regulace jeho uvolňování. Aplikací různých výrobních postupů se může ovlivnit, za jakých podmínek a jak rychle se bude aktivní látka uvolňovat.

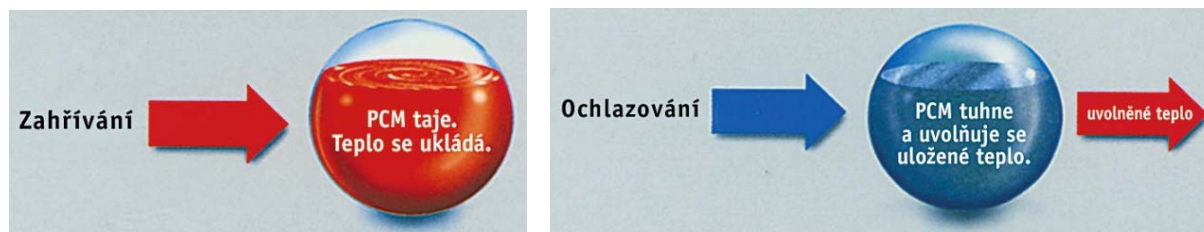
Kromě aktivně dávkujících materiálů to také mohou být mikrokapsule, které jsou pevně zabudovány uvnitř vláken a zůstávají tam po celou dobu životnosti výrobku, příkladem jsou látky PCM. [77]



Obr. 34.: Viskóзовé vlákno Outlast. Zdroj [78]

Teplotní změny okolního prostředí bývají často nevyhnutelné zvláště ve venkovních podmínkách a při změnách fyzické námahy. Lidské tělo je na změny teploty velmi citlivé, proto se hledají cesty, jak těmto změnám předcházet. Jednou z možností, jak se může člověk se změnou tepla vypořádat je použití termoregulační textilie, která teplo buď absorbuje nebo uvolní podle stavu okolí a lidského těla.

K tomu se využívá materiálů označovaných jako **PCM materiály** (phase change materials). Technologie PCM spočívá v tom, že se na základě teplotních změn organismu, či ovzduší, mění skupenství materiálu. Během změny skupenství dochází ke značné absorpci, či naopak uvolnění tepelné energie, kterou PCM organismu dodává nebo odebírá. Pokud začne být teplo uživateli nebo se zvýší venkovní teplota, PCM látka, která je zapuštěna do jeho vybavení, začne měnit své skupenství z pevného na tekuté, čímž se teplota vyrovnává. PCM se aplikuje do vláken při zvlákňování v podobě mikrokapsulí, ty přebytečné teplo pohltí a rovnoměrně rozvedou po celé ploše tkaniny. Nejznámějším zástupcem těchto materiálů je vlákno Outlast. [27] [79]



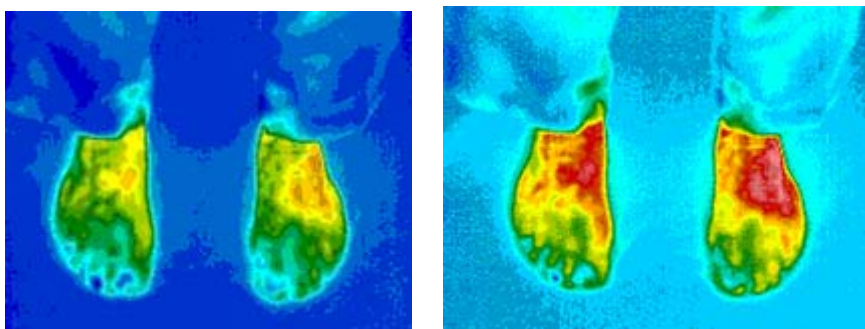
Obr. 35.: Částice PCM při zahřívání a při ochlazování. Zdroj [80]

Outlast je speciální materiál, který byl původně vyvinutý pro kosmický průmysl pro vyrovnávání teplot u skafandrů. V dnešní době je používán jako ochranný materiál hasiči, rybáři, pro vojenské účely i pro běžné využití jako podšívka do bund nebo fleeců.

Cílem výrobků OUTLAST je udržovat takovou teplotu, která je pro lidskou kůži nejpříjemnější a normální ve stavu klidu. V tomto případě jsou látky PCM v jakémisi polotekutém stavu, napůl pevné, napůl tekuté. Zvýší-li se aktivita, pevné části pohlcují přebytek tepla (tají) a pomáhají tak udržet teplotní rovnováhu. Tím se také prodlužuje doba před spuštěním vlastního chladicího tělního systému (pocení). Začne-li se ochlazovat, OUTLAST PCM se začne opět vracet zpět z tekutého do pevného stavu. Při této změně skupenství se z mikrokapsulí uvolňuje teplo, které bylo látkami PCM vstřebáno v době zvýšené aktivity či okolní teploty.

Hraniční teplota materiálu Outlast je přibližně při teplotě 37°C a má vysoké skupenské teplo tání. Díky tomu je schopno při ohřátí nad tuto teplotu tělo významně ochladit. Při chladnutí pod teplotu 37°C vlákno změnou skupenství teplo uvolňuje a tělo tak ohřívá. Materiály s vysokým procentem Outlastu až třikrát rozšiřují oblast přirozené teplotní stabilizace lidského těla a výrazně prodlužují dobu teplotní pohody. [79]

Na obrázku je pro srovnání pomocí termovizní kamery zobrazen výrobek Outlast a běžný výrobek. Termovizní kamera ukazuje tepelné rozdíly v barvách od nejteplejších po nejchladnější: bílá, červená, žlutá, zelená a modrá. Obrázek ukazuje, že ponožky Outlast v teplém prostředí chrání uživatele před přehřátím a snižují míru pocení. V chladném prostředí snižují podchlazení. [78]

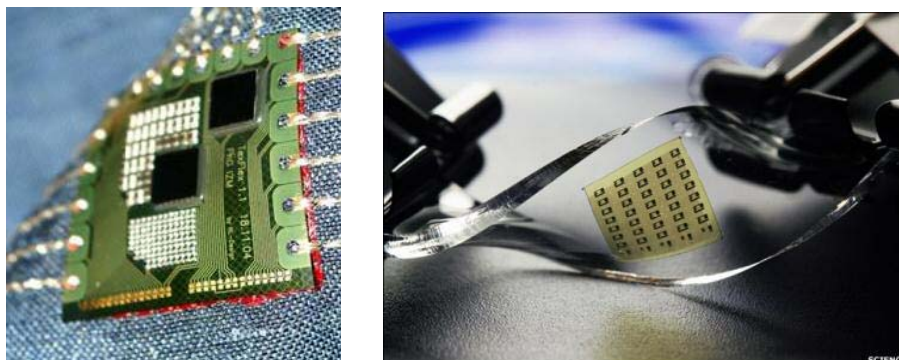


Obr. 36.: S použitím Outlast a bez použití Outlast. Zdroj [78]

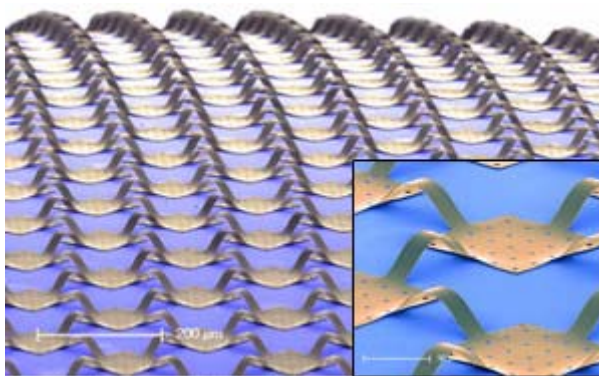
Dalším významnou skupinou inteligentních textilií jsou **elektronické textilie**. Jsou to ty textilie, v nichž jsou integrovány elektronické součásti jako jsou čidla a mikročipy. Tato elektronika pomáhá identifikovat osoby, vyhledávat místo, kde se nalézají, dovolují komunikaci hlasovou nebo pomocí sms, zaznamenávají a podávají informace o tělesných funkcích jako je činnost srdce, tep, tlak nositele, EKG, dech, teplota, hladina cukru v krvi a další činnosti oznamující případné poruchy organismu.

Nezbytným předpokladem pro praktickou realizaci inteligentních oděvů je další pokrok v miniaturizaci elektronických komponent, který umožní jednotlivé mikroelektronické

moduly přímo začlenit do obleku a navzájem je propojit. Aby měly inteligentní oděvy praktické využití musí být lehké, omyvatelné a podobně pružné, ohebné a trvanlivé jako běžné tkaniny.

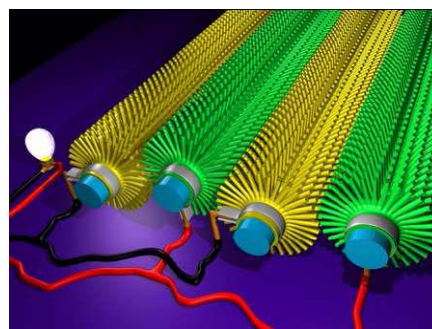
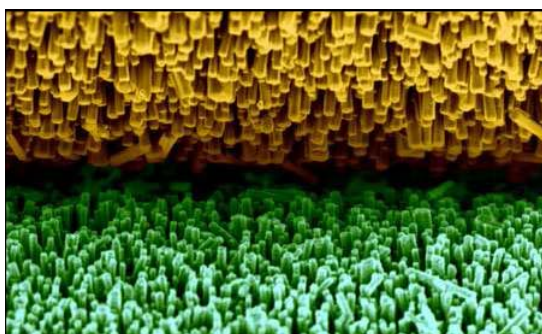
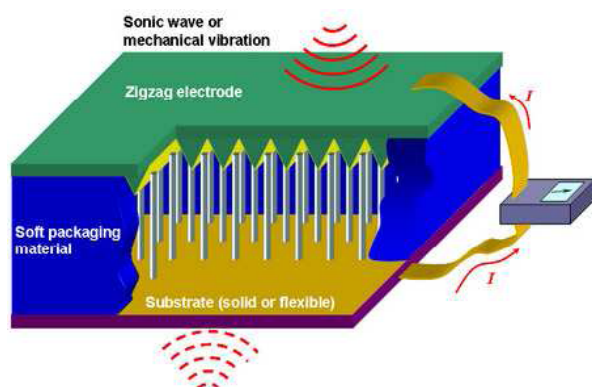


Obr. 37.: Příklady flexibilních mikročipů. Zdroj [81] a [82]



Obr. 38.: Flexibilní vodivé síto pro aplikaci v textilií odolné proti poškození. Zdroj [83]

Jedním z hlavních problémů mobilních systémů je napájení. Řešením jsou velmi tenké a pružné fóliové akumulátory, které se dají přímo integrovat do oděvu a mohou se trvale dobíjet solárními články umístěnými nejlépe v oblasti ramen, kam dopadá nejvíce slunečního svitu. Další možností je získávání energie z pohybu. Touto technologií se zabývá Institut Technologie v Georgii, který vyvíjí materiál pro „energetickou košili“, která bude generovat elektřinu z fyzikálního pohybu. Oděvy z takového materiálu budou schopny pohánět malá elektronická zařízení u vojáků v bojových operacích, u horolezců i u dalších osob, jejichž fyzický pohyb by mohl být příčinou vzniku elektřiny. Elektrický proud bude generovat dvojice textilních vláken, pokrytých oxidem zinku, v důsledku piezoelektrického jevu. Spojením toku elektřiny z mnoha dvojic těchto speciálních textilních vláken, vetkaných do košile nebo polokošile či trika, by mohlo umožnit nositeli takového oděvu pouze jeho fyzickým pohybem vyrábět a dodávat elektřinu do mnoha přenosných elektronických zařízení. [84]



*Obr. 39.: Příklady flexibilního napájení mobilních systémů pomocí dvojic speciálních vláken.
Zdroj [84]*

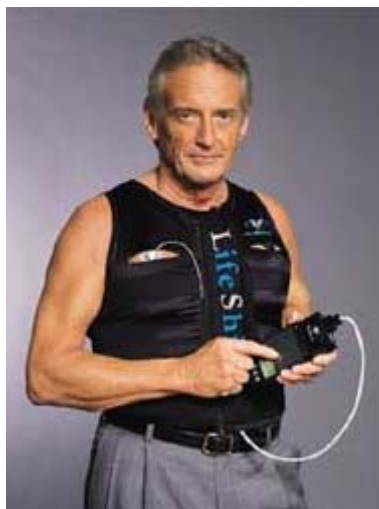
Příkladem elektronické textilie v oblasti pracovních a ochranných oděvů je inteligentní oděv pro kurýry, v oblasti zdravotnictví je to například LifeShirt.

Na základě průzkumu, kterým bylo zjištěno, že kurýry nejvíce zdržuje a obtěžuje hledání cesty na mapě města, zamykání kola a prochladnutí v zimě, navrhli odborníci inteligentní pracovní oděv pro kurýry. Kurýr komunikuje s centrálou pomocí SMS zpráv v mobilní síti GSM a pomocí integrovaného miniaturního reproduktoru. Jeho oděv obsahuje satelitní zaměřovací systém GSM, na rukávu kombinézy je displej a flexibilní klávesnice, díky níž může zadávat povely a dotazy. Dále má v kombinéze aplikovaný transpondér, který automaticky kolo zamyká a odemyká, podle toho jak se kurýr vzdálí nebo přiblíží. Proti prochladnutí lze pomocí elektrického proudu napájet elektrické vložky všité do kombinézy, například v oblasti ledvin. [85]



Obr. 40.: Oděv pro kurýry, detail rukávu. Zdroj [85]

Systém **LifeShirt** je ochranný oděv v podobě vesty, který je schopný sledovat plícní, srdeční a jiné fyziologické údaje a jejich souvislosti v reálném čase. Systém monitoruje a stav pacienta celou dobu, kdy jej má na sobě, při různých činnostech ať už je kdekoli (v práci, ve škole, při spánku). Získané údaje jsou shromažďovány, analyzovány a systémem uváděny do souvislosti s daty získanými vybranými periferními přístroji. Systém LifeShirt je používán pro klinická vyšetření a pro výzkum, je dostupný i jako přístroj na lékařský předpis. Je dostupný v dětských i dospělých rozměrech od 5 do 17 let a. Je dostupný i jako přístroj na lékařský předpis. [86]



Obr. 41.: Systém LifeShirt. Zdroj [87]

Kromě inovací v textilním průmyslu se také soustřeďuje pozornost na ekologický aspekt a využití přírodních zdrojů. Opětovným využitím již jednou zpracované suroviny se ušetří původní surovina (v případě syntetických materiálů většinou nafta), omezí se tvorba odpadu a tím se podpoří životní prostředí. Jedná se především o textilní materiály z recyklovaných plastů, PET lahví a také syntetických tkanin. V České republice se

nejvýrazněji na znovu využití PET materiálu podílí společnost Silon a.s.. PET lahve se nejdříve drtí, vzniklé vločky (flakes) se očistí, následně taví a zvlákňují extrudérem na PET vlákna. Recyklovaná vlákna nachází uplatnění především v textilu jako vrchní oděvy, spodní prádlo nebo výplně oděvů. Příkladem ochranného pracovního oděvu může být jednorázová kombinéza z recyklovaného materiálu Tyvek® firmy DuPont. [88]



*Obr. 42.: Jednorázová ochranná kombinéza **Tyvek®** z recyklovaného materiálu. Zdroj [89]*

V oblasti oděvů směřuje trend k přírodním materiálům a postupně se projevuje posun k dalším, méně obvyklým materiálům. Vzhledem k propojení oblasti pracovních a sportovních oděvů i oděvů pro běžné nošení, lze předpokládat, že se vliv projeví i v ochranných oděvech. Spektrum přírodních materiálů, které se v současnosti běžně používají a jimiž jsou bavlna a vlna, doplňují vlákna z bambusu, konopí, kokosu a kukuřice.

V současnosti je trendem také šetrné pěstování a chov bez chemických látek, výsledné produkty se označují jako biotextil nebo též organický textil. Takto označený textil zaručuje jak kontrolovaný původ surovin tak i kontrolu výrobních procesů od vzniku vláken po konečnou úpravu oděvu. Nejvyšší organické programy začínají kontrolou od zasazení rostliny a končí vybalením výrobku v obchodě. Při zpracování vláken není povoleno používat látky, u nichž je důvodné podezření, že působí jako karcinogeny, negativně ovlivňují vývoj plodu či pohlavních orgánů nebo způsobují alergickou reakci. Celkově se klade velký důraz na energetickou šetrnost technologií a biodegradibilitu, namísto chemických úprav se preferuje mechanické zpracování. Mnoho technologií je zakázáno, nesmí se například používat chlor, formaldehyd, azobarviva, zpomalovače hoření, enzymatické bělení apod.

S narůstající oblibou recyklovaných a přírodních materiálů se očekává i kombinace nových technologií a možností, se snahou využívat obnovitelné zdroje. Je pravděpodobné, že tento trend bude pokračovat, i když nelze předpovědět, jak se v tomto ohledu projeví následky současné ekonomické krize. [90]

6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zmapovat oblast pracovních a ochranných oděvů se zaměřením na materiály pro jejich výrobu a jejich užité vlastnosti.

Úvodní část se věnuje pojmům pracovní a ochranné prostředky, charakterizuje kategorie OOP a uvádí základní legislativní požadavky. Dále jsou zde charakterizovány užité vlastnosti materiálů, které souvisí a jsou pro pracovní a ochranné oděvy potřebné či nezbytné. Podle požadavků, kladených na oděvy a materiály z nich vyrobených, je možné užité vlastnosti obecně rozdělit do několika základních skupin. Je to trvanlivost, estetické vlastnosti, fyziologicko-hygienické vlastnosti, komfort, možnost údržby a ostatní užité vlastnosti.

Teoretická část práce týkající se materiálů pro ochranné a pracovní oděvy je dále rozčleněna do kapitol podle prostředí a profese. Každá z nich obsahuje popis oblasti použití, vlastnosti a požadavky kladené na pracovní a ochranné oděvy a je zde uveden přehled samotných materiálů, které se pro danou oblast pracovních a ochranných oděvů používají.

Bakalářská práce dále analyzuje metody hodnocení, které se používají k testování ochranných a pracovních oděvů a materiálů k tomu určených. Metody a způsob zkoušení specifikují příslušné normy. Vybírány a vyhodnocovány jsou podle specializace oděvu. Zkoušeny mohou být celé oděvy nebo jen materiály, z kterých se vyrábí, jako plošné textilie. Rozdělení je zvoleno z hlediska funkčnosti a z hlediska komfortu uživatele.

V experimentální části byly zkoušeny bariérové vlastnosti materiálů devíti vybraných jednorázových oděvů z netkaných textilií. Ochranné oděvy, respektive materiály těchto oděvů, byly testovány na propustnost vzduchu, efektivitu zachytu částic syntetického prachu Spongelit a na efektivitu zachytu částic aerosolu NaCl.

Vybrány byly ochranné oděvy běžně dostupné na českém trhu prostřednictvím internetu. Míra ochrany a specifikace doporučeného použití se u jednotlivých oděvů liší. Většina splňuje požadavky na ochranné prostředky kategorie CE III, typ 5 (ochrana proti poletavým pevným částicím) a typ 6 (omezená ochrana proti kapalným chemikáliím). Některé splňují požadavky na ochranu proti průniku radioaktivních částic, některé mají antistatickou úpravu a některé mají sníženou hořlavost. U některých je jako doporučené použití uvedeno

pouze jako ochrana proti ušpinění, u jiných jako ochrana proti azbestu, aerosolu, chemikáliím nebo k ochraně citlivých výrobků před kontaminací člověkem. Z toho se dala usuzovat, že výsledné hodnoty jednotlivých materiálů budou odlišné.

Jelikož byly v experimentu sledovány vlastnosti materiálů na propustnost prachových částic a aerosolu NaCl, které působí na oděv z vnější strany, byla všechna měření, včetně prodyšnosti, prováděna z vnější strany materiálů směrem k vnitřní straně.

V testu prodyšnosti bylo zkoušeno deset vzorků materiálu z devíti odlišných oděvů. Jelikož se jedná o netkané textilie, dala se předpokládat vysoká vzdušná propustnost. Aby se tato vlastnost dala mezi jednotlivými druhy porovnat, byly vzorky měřeny pod stejným tlakovým spádem. Hodnoty prodyšnosti vyšly mezi jednotlivými materiály velmi odlišně. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou je téměř šedesátinásobný.

V testu efektivity zachytu částic syntetického prachu Spongelit bylo zjišťováno kolik procent podaného prachu je každý materiál schopen zachytit. Opět bylo provedeno deset měření každého materiálu. Tak jako v předchozí kapitole měření prodyšnosti i zde se projevil vliv struktury vláken a zaplnění na propustnost prachových částic. Vesměs oděvy s nižší prodyšností se vyznačují vyšší efektivitou v zachycování prachu než oděvy s vysokou prodyšností.

V dalším testu byla měřena propustnost částic aerosolu NaCl a z naměřených hodnot dopočítána efektivita testovaných materiálů v procentech. Výsledné hodnoty efektivity zachycování částic aerosolu NaCl jsou nižší, než-li hodnoty efektivity zachycování prachových částic v předešlé kapitole. Příčinou je rozdílná velikost částic testovacího média.

Faktorem, který mohl podstatně ovlivnit výsledky měření, především na test aerosolem NaCl, je působení elektrostatického náboje. Vliv přitažlivých sil mezi vlákenným materiálem a částicemi se výrazně projevuje zejména u tak malých částic, jakými jsou částice aerosolu NaCl. Proto bych doporučila provést testy ještě na antistatické vlastnosti materiálů

Kromě hodnoty průniku částic aerosolu testovaným vzorkem byl v této části experimentu naměřen i tlakový spád. V části měření prodyšnosti byl test prováděn s konstantní hodnotou tlakového spádu 3Pa a měřen byl průtok vzduchu. Zde byl průtok vzduchu neměnnou veličinou a měřen byl tlakový spád. Srovnáním hodnot z grafu s hodnotami grafu prodyšnosti je vidět úměra mezi hodnotami, čím vyšší naměřený tlakový spád, tím nižší hodnota prodyšnosti z první části testu.

Poslední část této bakalářské práce charakterizuje trendy ve vývoji materiálů pro speciální ochranné prostředky. Trendy jsou jednak směřovány vývojem v oblasti inteligentních oděvů, nanomateriály a aplikování elektroniky. Za druhé se vrací do oblíbenosti

přírodní materiály a s ohledem na životní prostředí recyklované materiály a biotextílie. Je pravděpodobné, že tyto trendy budou pokračovat, i když nelze předpovědět, jak se v tomto ohledu projeví následky současné ekonomické krize.

7 Seznam použité literatury

- [1] www.tzu.cz (citováno)
- [2] www.bozpinfo.cz (citováno)
- [3] Škréta, K.: Posuzování shody u osobních ochranných prostředků. Sborník ze symposia Ochranné oděvy II. TUL/KKV Prostějov, 2002
- [4] www.cni.cz (citováno)
- [5] <http://domino.cni.cz>
- [6] norma ČSN EN 340
- [7] Růžičková D.: Oděvní materiály. Skriptum TU Liberec, 2003
- [8] www.normy.biz
- [9] Delljová R.A., Afanasjevová R.F., Čubarovová Z.S.: Hygiena odívání. SNTL Praha 1984
- [10] Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií. Skriptum TU Liberec, 2005
- [11] Staněk J., Kubičková M.: Oděvní materiály. Skriptum TU Liberec, 1986
- [12] www.wikipedia.org
- [13] Smékalová, M.: Vlastnosti oděvních materiálů. Sborník ze symposia Oděvní materiály a oděvní příprava. TUL/KKV Prostějov, 2002
- [14] Militký J.: Přednášky: Textilní vlákna; Speciální vlákna. Skriptum TU Liberec, 2005
- [15] www.pontus.byznysweb.cz
- [16] <http://www.mobileedgeblog.com/2008/03/>
- [17] www.svetoutdooru.cz
- [18] <http://www.trimm.cz/cz/materialy-a-technologie.htm>
- [19] <http://www.trimm.cz/cz/materialy-a-technologie.htm>
- [20] www.stoklasa.cz
- [21] www.ecotextil.cz
- [22] www.gemmasport.cz
- [24] <http://iqsport.cz/item/materialy>
- [25] <http://odkazy.e-outdoorshop.cz/Technicke-detaily/konstrukcni-detaily-spacaky-HUSKY.html>
- [26] www.cni.cz
- [27] Militký, J.: Technické textilie, vybrané kapitoly. Skriptum TU Liberec, 2002
- [28] www.chemopetrol.cz
- [29] www.taktickavystroj.cz

- [30] www.dupont.cz
- [31] www.gore-tex.cz
- [32] http://www.moda.cz/Kategorie/Obleceni_pro_muze/20070321_Goretex.html
- [33] <http://www.viviente.cz/vhodne-sportovni-obleceni/>
- [34] Glombíková, V. Multifunkční textilie, přednášky
- [35] <http://www.zeman.cz/footwear/czsympatex.php>
- [36] www.pinguin-sport.cz
- [37] www.phoenix-oopp.cz
- [38] <http://www.pilmembranes.com/Porellemembranes-micro.html>
- [39] http://www.texport.at/web_engl/quality/warenzeichen/index.html#
- [40] <http://www.po-bp.cz/c/92/zasahovy-hasicsky-oblek-fenix-iii-kabat-769.html>
- [41] www.msa-auer.cz
- [42] www.dupontelastomers.com
- [43] http://www.sdhzdar2.eu/index.php?page=zasah_odev
- [44] www.eurofire.cz
- [45] http://www.msa-europe.de/fileadmin/msa/leaflets/English/13/13-154.2_GB_Vautex_Elite_ET.pdf
- [46] <http://science.howstuffworks.com/body-armor.htm>
- [47] Fuchs, P.: Balistické ochranné oděvy. Sborník ze symposia Ochranné oděvy I. TUL/KKV Prostějov, 2002
- [48] http://www.bsot.cz/index.php?what=15_8&lng=cz
- [49] http://www.anti-ballistic.com/shop/index.php?main_page=page&id=8&chapter=0
- [50] <http://www.dpp-europe.com/-Antistatic-.html?lang=en>
- [51] Vojta, Z.: Osobní ochranné pracovní prostředky (použití v praxi). MONTANEX a.s., Ostrava 1997
- [52] www.tuckershop.cz
- [53] http://www.reflexite-europe.com/index_technofaq.php
- [54] www.animus.cz
- [55] http://permalight.de/website_shop3/index.html
- [56] Staněk, J.: Standardizace textilních výrobků I. Skriptum TU Liberec, 2005
- [57] <http://www.trevira.de/en/textiles-made-from-trevira/antimicrobial-textiles/how-trevira-bioactive-works.html>
- [58] <http://www.trevira.de/en/textiles-made-from-trevira/antimicrobial-textiles/how-trevira-bioactive-works.html>

- [59] Kozlovský, V.: Oděvy pro čisté prostory. Sborník ze sympozia Ochránné oděvy I. TUL/KKV Prostějov, 2002
- [60] <http://www.lorika.sk/acrobat/Kleenguard%20T56.pdf>
- [61] www.pegasas.cz
- [62] www.top-service.cz
- [63] Kovačič, V.: Textilní zkušebnictví II.díl. Liberec: TUL, 2003
- [64] http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2023-304-02_01.pdf
- [65] Jirsák, O., Kalinová, K.: Netkané textilie. Liberec: TUL, 2003
- [66] Návod k obsluze přístroje SDL M021S
- [67] <http://www.kod.tul.cz/laboratore/Comfort/air.html>
- [68] http://vet.tul.cz/prac_fyz_text3.php
- [69] http://www.gea.sk/download/Prehled_filtru_11_1999_CZ.pdf
- [70] http://www.ft.tul.cz/index.cgi?sou=science/laboratore/knt-testovani_filtrace.htm
- [71] http://www.ft.vslib.cz/depart/knt/nove/index.php?obsah=vedecka_cinnost/vzduchova_filtrace
- [72] <http://www.core.form-ula.com/2008/04/15/biomimetics-design-by-nature/>
- [73] http://www.phaenomen-farbe.de/pf_812_anwendung-lotus.htm
- [74] <http://scienceworld.cz/fyzika/lotos-kontryhel-a-samocistici-textilie-804>
- [75] <http://www.nanotrading.sk/index.php?id=uvod>
- [76] http://www.bss.phy.cam.ac.uk/steiner/index.php?show=proj_info&project=self_cleaning&wh=1152x864
- [77] Dembický J., Kryštůfek J.: Zušlechťování textilií. Scriptum TU Liberec, 2002
- [78] <http://www.outlast.com/index.php?id=155>
- [79] www.termopradlo-devold.cz
- [80] <http://www.highpoint.cz/materialy/pcm.html>
- [81] <https://skripta.ft.tul.cz/akreditace/data/2008-07-18/11-14-33.pdf>
- [82] <http://www.gadgettastic.com/2008/03/28/flexible-silicon-chips-create-opportunities-for-biomedical-implants/>
- [83] <http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/1690>
- [84] http://www.textil.cz/data/VIST/Zpravodaj_2_2008.pdf?PHPSESSID=9bab3e0c7fde0b78d23f42b4f73215f2
- [85] <http://www.automatizace.cz/article.php?a=678>
- [86] www.mateo.ntc.zcu.cz/doc/Stav.doc
- [87] http://medgadget.com/archives/2005/02/lifeshirt_used.html

[88] <http://home.zf.jcu.cz/~kpicha/zbn/zbn/petodpady.htm>

[89] <http://www.aircraftspruce.ca/catalog/cmpages/tyvekDisposable.php>

[90] <http://www.svetoutdooru.cz/clanek/?107993-recyklace-a-prirodni-vlakna-%E2%80%93-m%C3%B3da,-nebo-pokrok?>

8 Seznam příloh

Příloha 1 - Související normy

Příloha 2 - Postup měření na přístroji SDL M021S

Příloha 3 - Postup měření na přístroji DFT-3 (Dust Filter Tester)

Příloha 4 - Přehled oděvů použitých pro experiment

Příloha 5 - Propustnost prachových částic – naměřené hodnoty

Příloha 6 - Schéma principu přístroje pro testování aerosolem NaCl

Příloha 7 - Materiály - makroskopický pohled a vzorek

Příloha 8 - Seznam obrázků, grafů, tabulek

Příloha 1

Související normy

3 Pracovní a ochranné oděvy

3.4 Užité vlastnosti materiálů pro pracovní a ochranné oděvy

3.4.3 Fyziologicko-hygienické vlastnosti

SN EN ISO 7933

Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného stresu pomocí výpočtu předpovídané tepelné zátěže

SN ISO 7243

Horká prostředí - Stanovení tepelné zátěže pracovníka podle ukazatele WBGT (teploty mokrého a kulového teploměru)

ČSN EN ISO 15743

Ergonomie tepelného prostředí - Chladná pracoviště - Posuzování a řízení rizika

3.4.4 Komfort

ČSN EN ISO 7730

Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV (předpovídaného středního tepelného pocitu) a PPD (předpovídaného procenta nespokojených) a kritéria místního tepelného komfortu.

3.4.5 Možnost údržby

SN EN ISO 6330

Textilie - Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií

ČSN EN ISO 3175-1

Textilie - Chemické čištění a doupravy - Část 1: Metoda pro zjišťování čistitelnosti textilií a oděvů

ČSN EN ISO 3175-2

Textilie - Chemické čištění a doupravy - Část 2: Postupy pro tetrachlorethylen

ČSN EN ISO 3175-3

Textilie - Profesionální ošetřování, chemické čištění a mokré čištění plošných textilií a oděvů - Část 3: Postup pro zkoušení chování při čištění a doupravě za použití uhlovodíkových rozpouštědel

ČSN EN ISO 3175-4

Textilie - Profesionální ošetřování, chemické čištění a mokré čištění plošných textilií a oděvů - Část 4: Postup pro zkoušení chování při čištění a doupravě za použití imitovaného mokrého čištění

3.5 Materiály na pracovní a ochranné oděvy podle prostředí a profese

3.5.1 Ochranné oděvy proti mechanickým rizikům

ČSN EN 340

Ochranné oděvy - Všeobecné požadavky

ČSN EN 863

Ochranné oděvy - Mechanické vlastnosti - Zkušební metoda: Odolnost proti propíchnutí

ČSN EN ISO 13997

Ochranné oděvy - Mechanické vlastnosti - Stanovení odolnosti proti proříznutí ostrými předměty

ČSN EN ISO 14877

Ochranné oděvy pro otryskávací práce při použití zrnitých otryskávacích prostředků

ČSN EN 510 (832772)

Požadavky na ochranné oděvy používané při riziku zachycení pohyblivými částmi

3.5.2 Ochranné oděvy pro práce v chladném prostředí

ČSN 83 2733

Ochranné oděvy proti chladu a povětrnostním vlivům - Základní funkční požadavky

ČSN EN 342

Ochranné oděvy - Soupravy a oděvní součásti na ochranu proti chladu

ČSN EN 14058

Ochranné oděvy - Oděvní součásti na ochranu proti chladnému prostředí

3.5.3 Ochranné oděvy proti teplu a ohni

Oděvy pro hasiče:

ČSN EN 532

Ochranné oděvy - Ochrana proti teplu a ohni - Zkušební metoda pro omezené šíření plamene

ČSN EN 367

Ochranné oděvy - Ochrana proti teplu a ohni - Metoda stanovení postupu tepla při vystavení účinku plamene

ČSN EN ISO 6942

Ochranné oděvy - Ochrana proti teplu a ohni - Zkušební metoda: hodnocení materiálu a kombinací materiálů vystavených sálavému teplu

ČSN EN ISO 6530

Ochranné oděvy - Ochrana proti kapalným chemikáliím - Metoda zkoušení odolnosti materiálů proti penetraci (pronikání) kapalin

ČSN EN 1149-1

Ochranné oděvy – Elektrostatické vlastnosti – Část 1: Povrchový měrný odpor (Zkušební metody a požadavky)

ČSN EN 471 +A1

Výstražné oděvy s vysokou viditelností pro profesionální použití - Metody zkoušení a požadavky

ČSN EN 340

Ochranné oděvy - Všeobecné požadavky

Oděvy pro záchranáře:

ČSN EN 531

Ochranné oděvy pro pracující v průmyslu vystavené teple (s výjimkou oděvů pro hasiče a svářeče)

ČSN EN 343 +A1

Ochranné oděvy - Ochrana proti dešti

ČSN EN 1149-3

Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti - Část 3: Metody zkoušení pro měření snížení náboje

Ostatní oděvy:

ČSN EN 470-1

Ochranné oděvy pro použití při svařování a podobných postupech - Část 1: Všeobecné požadavky

ČSN EN 12477

Ochranné rukavice pro svářeče

3.5.4 Protichemické ochranné oděvy

ČSN EN 943-1

Ochranné oděvy proti kapalným a plynným chemikáliím, včetně kapalných aerosolů a pevných částic - Část 1: Požadavky na účinnost protichemických oděvů ventilovaných a neventilovaných: "plynotěsných" (typ 1) a které nejsou "plynotěsné" (typ 2)

ČSN EN 943-2

Ochranné oděvy proti kapalným a plynným chemikáliím, včetně kapalných aerosolů a pevných částic - Část 2: Požadavky na účinnost "plynotěsných" (typ 1) protichemických ochranných oděvů pro záchranná družstva (ET)

ČSN EN 14325

Ochranné oděvy proti chemikáliím - Metody zkoušení a klasifikace účinnosti pro materiály, švy, spoje a sestavy protichemických ochranných oděvů

ČSN EN ISO 13982-1

Ochranný oděv pro použití proti pevným částicím chemikálií - Část 1: Požadavky na provedení pro ochranné oděvy proti chemikáliím poskytující ochranu celého těla proti poletavým pevným částicím (oděv typu 5)

ČSN EN ISO 13982-2

Ochranný oděv pro použití proti pevným částicím chemikálií - Část 2: Metoda zkoušení pro stanovení průniku aerosolů jemných částic dovnitř oděvu

ČSN EN ISO 6530

Ochranné oděvy - Ochrana proti kapalným chemikáliím - Metoda zkoušení odolnosti materiálů proti penetraci (pronikání) kapalin

ČSN EN ISO 6529

Ochranné oděvy - Ochrana proti chemikáliím - Stanovení odolnosti materiálů ochranných oděvů proti permeaci kapalin a plynů

ČSN EN 14605

Ochranný oděv proti kapalným chemikáliím - Požadavky na provedení pro ochranné oděvy proti chemikáliím se spojí mezi částmi oděvu, které jsou nepropustné proti kapalinám (typ 3) nebo nepropustné proti postřiku ve formě spreje (typ 4) a zahrnující prostředky poskytující ochranu jen částí těla (typy PB [3] a PB [4])

ČSN EN 13034

Ochranný oděv proti kapalným chemikáliím - Požadavky na provedení pro ochranné oděvy proti chemikáliím poskytující omezenou ochranu proti kapalným chemikáliím (typ 6 a prostředky typu PB [6])

ČSN EN 464

Ochranné oděvy - Ochrana proti kapalným a plyným chemikáliím, včetně kapalných aerosolů a pevných částic - Zkušební metoda. Stanovení těsnosti plynotěsných oděvů (Zkouška vnitřním přetlakem)

ČSN EN 463

Ochranné oděvy - Ochrana proti kapalným chemikáliím. Zkušební metoda. Stanovení odolnosti proti pronikání proudu kapaliny (Jet test)

ČSN EN 467

Ochranné oděvy - Ochrana proti kapalným chemikáliím - Požadavky na součásti oděvu zajišťující ochranu částí těla

ČSN EN 468

Ochranné oděvy - Ochrana proti kapalným chemikáliím - Zkušební metoda. Stanovení odolnosti vůči penetraci při postřiku (Spray test)

ČSN EN 14786

Ochranné oděvy - Stanovení odolnosti proti penetraci při postřiku kapalnými chemikáliemi, emulzemi a disperzemi - Zkouška atomizérem

3.5.5 Balistické ochranné oděvy

ČSN 39 5360

Zkoušky odolnosti ochranných prostředků - Zkoušky odolnosti proti střelám, střepinám a bodným zbraním. Technické požadavky a zkoušky

3.5.6 Ochranné oděvy s antistatickými vlastnostmi

ČSN EN 1149-1 (832845)

Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti - Část 1: Zkušební metoda pro měření povrchového měrného odporu

ČSN EN 61340-5-2 (346440)

Elektrostatika - Část 5-2: Ochrana elektronických součástek před elektrostatickými jevy - Uživatelský návod

3.5.7 Ochranné oděvy s vysokou viditelností

ČSN EN 471 +A1

Výstražné oděvy s vysokou viditelností pro profesionální použití - Metody zkoušení a požadavky

ČSN EN 1150

Ochranné oděvy - Výstražné oděvy s vysokou viditelností pro neprofesionální použití - Metody zkoušení a požadavky

3.5.10 Ochranné oděvy pro zdravotní personál

ČSN P ENV 14237

Textilie ve zdravotnictví

ČSN EN 13795-1

Operační roušky, pláště a operační oděvy do čistých prostor, používané jako zdravotnické prostředky pro pacienty, nemocniční personál a zařízení - Část 1: Všeobecné požadavky na výrobce, zpracovatele a výrobky

ČSN EN 13795-2

Operační roušky, pláště a operační oděvy do čistých prostor používané jako zdravotnické prostředky pro pacienty, nemocniční personál a zařízení - Část 2: Zkušební metody

ČSN EN 13795-3

Operační roušky, pláště a operační oděvy do čistých prostor používané jako zdravotnické prostředky pro pacienty, nemocniční personál a zařízení - Část 3: Požadavky na provedení a úroveň provedení

ČSN EN ISO 22610

Operační roušky, pláště a operační oděvy do čistých prostor používané jako zdravotnické prostředky pro pacienty, nemocniční personál a zařízení - Metoda stanovení odolnosti proti bakteriální penetraci za mokra

ČSN EN ISO 22612 (855811)

Ochranný oděv proti infekčním agens - Zkušební metoda odolnosti proti penetraci mikrobů za sucha

4 Metody hodnocení vlastností u výrobků pro speciální použití

4.1 Z hlediska funkčnosti

4.1.1 Odolnost proti mechanickému působení

Pevnost v tahu a tažnost

ČSN EN ISO 13934-1

Textilie - Tahové vlastnosti plošných textilií - Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip

ČSN EN ISO 13934-2

Textilie - Tahové vlastnosti plošných textilií - Část 2: Zjišťování maximální síly pomocí metody Grab

ČSN EN 29073-3

Textilie - Zkušební metody pro netkané textilie - Část 3: Zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti

Pevnost v protržení a dalším trhání

ČSN EN ISO 13995

Ochranné oděvy - Mechanické vlastnosti - Zkušební metody pro zjištění odolnosti materiálů proti protržení a dalšímu dynamickému trhání

ČSN EN ISO 13937-1

Textilie - Vlastnosti plošných textilií při dotržení - Část 1: Zjišťování síly při dotržení pomocí balistického kyvadla (Elmendorf)

ČSN EN ISO 13937-2

Textilie - Vlastnosti plošných textilií při dotržení - Část 2: Zjišťování síly při dotržení u zkušebních vzorků ve tvaru ramen (metoda s jedním nastřížením)

ČSN EN ISO 13937-3

Textilie - Vlastnosti plošných textilií při dotržení - Část 3: Zjišťování síly při dotržení u zkušebních vzorků ve tvaru křídel (metoda s jedním nastřížením)

ČSN EN ISO 13937-4

Textilie - Vlastnosti plošných textilií při dotržení - Část 4: Zjišťování síly při dotržení u zkušebních vzorků ve tvaru jazýčku (metoda s dvojím nastřížením)

ČSN EN ISO 9073-4

Textilie - Zkušební metody pro netkané textilie - Část 4: Zjišťování pevnosti v dalším trhání

ČSN EN ISO 13938-1

Textilie - Vlastnosti plošných textilií při protlaku - Část 1: Hydraulická metoda pro zjišťování pevnosti v protržení a roztažení při protržení

ČSN EN ISO 13938-2

Textilie - Vlastnosti plošných textilií při protlaku - Část 2: Pneumatická metoda pro zjišťování pevnosti v protržení a roztažení při protržení

ČSN EN ISO 4674-1

Textilie povrstvené pryží nebo plasty - Zjišťování odolnosti v dotržení - Část 1: Metody s konstantní rychlostí dotržení

ČSN EN ISO 4674-2

Textilie povrstvené pryží nebo plasty - Zjišťování odolnosti proti protržení - Část 2: Zkouška balistickým kyvadlem

ČSN EN 12332-1 (804629)

Textilie povrstvené pryží nebo plasty - Zjišťování pevnosti v protlaku - Část 1: Metoda s ocelovou kuličkou

ČSN EN 12332-2 (804629)

Textilie povrstvené pryží nebo plasty - Zjišťování pevnosti v protlaku - Část 2: Hydraulická metoda

Odolnost proti oděru

ČSN EN 530

Odolnost materiálů ochranných oděvů proti oděru - Zkušební metody

ČSN 80 0833

Plošné textilie - Stanovení odolnosti v oděru na vrtulkovém odírači

ČSN 80 0850

Plošné textilie - Stanovení oděru v přehybu na vrtulkovém odírači

ČSN EN ISO 12947-1

Textilie - Zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale - Část 1: Přístroj Martindale

ČSN EN ISO 12947-2

Textilie - Zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale - Část 2: Zjišťování poškození vzorku

ČSN EN ISO 12947-3

Textilie - Zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale - Část 3: Zjišťování úbytku hmotnosti

ČSN EN ISO 12947-4

Textilie - Zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale - Část 4: Hodnocení změny vzhledu

3.1.1.4 Odolnost proti proříznutí a propíchnutí

ČSN EN ISO 13997

Ochranné oděvy - Mechanické vlastnosti - Stanovení odolnosti proti proříznutí ostrými předměty

ČSN EN 863

Ochranné oděvy - Mechanické vlastnosti - Zkušební metoda: Odolnost proti propíchnutí

4.1.2 Odolnost proti teple, ohni

ČSN EN ISO 6942

Ochranné oděvy - Ochrana proti teple a ohni - Zkušební metoda: hodnocení materiálu a kombinací materiálů vystavených sálavému teple

ČSN EN 532

Ochranné oděvy - Ochrana proti teple a ohni - Zkušební metoda pro omezené šíření plamene

ČSN EN 367

Ochranné oděvy - Ochrana proti teple a ohni - Metoda stanovení prostupu tepla při vystavení účinku plamene

ČSN EN 702

Ochranné oděvy - Ochrana proti teple a ohni - Zkušební metoda pro stanovení prostupu tepla ochranným oděvem nebo jeho materiály při dotyku

ČSN EN 348

Ochranné oděvy - Stanovení odolnosti materiálu proti malým rozstříknutým částicím roztaveného kovu - Metoda zkoušení

ČSN EN ISO 9185

Ochranné oděvy - Posuzování odolnosti materiálů proti postřiku roztaveným kovem

ČSN EN 531

Ochranné oděvy pro pracující v průmyslu vystavené teple (s výjimkou oděvů pro hasiče a svářeče)

4.1.3 Funkčnost v chladném prostředí a povětrnostním vlivům

ČSN 83 2733

Ochranné oděvy proti chladu a povětrnostním vlivům - Základní funkční požadavky

ČSN EN ISO 15831

Oděvy - Fyziologické účinky - Měření tepelné izolace pomocí tepelné figuríny

ČSN EN 14058

Ochranné oděvy - Oděvní součásti na ochranu proti chladnému prostředí

ČSN EN ISO 11079

Ergonomie tepelného prostředí - Stanovení a interpretace stresu z chladu pomocí potřebné izolace oděvu (IREQ) a místních účinků chladu

4.1.4 Odolnost proti působení chemikálií

ČSN EN ISO 13982-2

Ochranný oděv pro použití proti pevným částicím chemikálií - Část 2: Metoda zkoušení pro stanovení průniku aerosolů jemných částic dovnitř oděvu

ČSN EN ISO 6530

Ochranné oděvy - Ochrana proti kapalným chemikáliím - Metoda zkoušení odolnosti materiálů proti penetraci (pronikání) kapalin

ČSN EN ISO 6529

Ochranné oděvy - Ochrana proti chemikáliím - Stanovení odolnosti materiálů ochranných oděvů proti permeaci kapalin a plynů

ČSN EN 464

Ochranné oděvy - Ochrana proti kapalným a plyným chemikáliím, včetně kapalných aerosolů a pevných částic - Zkušební metoda. Stanovení těsnosti plynotěsných oděvů (Zkouška vnitřním přetlakem)

ČSN EN 463

Ochranné oděvy - Ochrana proti kapalným chemikáliím - Zkušební metoda. Stanovení odolnosti proti pronikání proudu kapaliny (Jet test)

ČSN EN 468

Ochranné oděvy - Ochrana proti kapalným chemikáliím - Zkušební metoda. Stanovení odolnosti vůči penetraci při postřiku (Spray test)

ČSN EN 14786

Ochranné oděvy - Stanovení odolnosti proti penetraci při postřiku kapalnými chemikáliemi, emulzemi a disperzemi - Zkouška atomizérem

4.1.5 Metody hodnocení elektrostatických vlastností ochranných oděvů

ČSN EN 1149-1

Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti - Část 1: Zkušební metoda pro měření povrchového měrného odporu

ČSN EN 1149-2

Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti - Část 2: Zkušební metoda pro měření vnitřního odporu

ČSN EN 1149-3

Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti - Část 3: Metody zkoušení pro měření snížení náboje

4.1.5 Metody hodnocení elektrostatických vlastností ochranných oděvů

ČSN EN 1149-1

Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti - Část 1: Zkušební metoda pro měření povrchového měrného odporu

ČSN EN 1149-2

Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti - Část 2: Zkušební metoda pro měření vnitřního odporu

ČSN EN 1149-3

Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti - Část 3: Metody zkoušení pro měření snížení náboje

4.2 Z hlediska komfortu uživatele

3.2.1 Propustnost médií textilem

Propustnost vzduchu

ČSN EN ISO 9237

Textilie - Zjišťování prodyšnosti plošných textilií

Propustnost vodních par

ČSN 80 0855

Zjišťování relativní propustnosti vodních par plošnou textilií

ČSN EN 31092

Textilie - Zjišťování fyziologických vlastností. Měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou)

Propustnost kapalné vody (transport vody)

ČSN EN 24920

Textilie - Stanovení odolnosti plošných textilií vůči povrchovému smáčení (zkrápěcí metoda)

Propustnost kapalné vody (transport vody)

ČSN EN 20811

Textilie - Stanovení odolnosti proti pronikání vody. Zkouška tlakem vody

ČSN EN 29865

Textilie - Stanovení nepromokavosti plošných textilií Bundesmannovou zkouškou deštěm

Kombinované metody stanovení prostupu médií textiliemi

ČSN EN 31092

Textilie - Zjišťování fyziologických vlastností - Měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou)

Příloha 2

Postup měření na přístroji SDL M021S

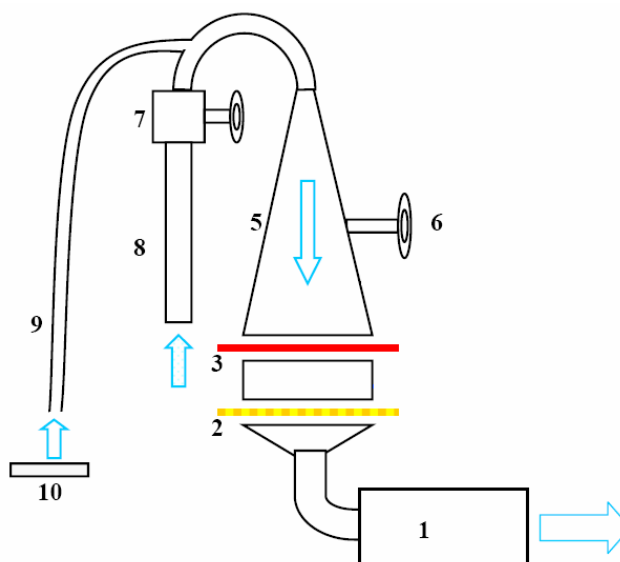
1. Zkontrolovat vynulování manometru, v případě potřeby provést seřízení pomocí tlakového šroubu v pravé horní části přístroje
2. Zkontrolovat uzavření ventilů „A“ a „C“, ventil „B“ nikdy úplně nezavírat
3. Upnout zkušební vzorek do kruhového držáku vzorků tak, aby bylo zabráněno vzniku záhybů. Dotáhnout ochranný prstenec, který zabraňuje pronikání vzduchu na okrajích tkaniny.
4. Nastavit ventil průtokoměru na polohu „4“ a sešlápnout pedál nasávacího zařízení (vzduch je nasáván přes vzorek)
5. Pomalým otáčením ventilu „C“ nastavit doporučený tlakový spád.
6. Po 1 min. odečíst průtok vzduchu (na vrcholu plováku).
7. Když se v průtokoměru „4“ plovák nezvedne, uzavřít ventil „C“ a průtokoměr „4“.
8. Zvolit průtokoměr „3“ a opakovat postup 5. a 6.
9. Když se plovák nezvedne, uzavřít ventil „C“ a zvolit průtokoměr „2“.
10. Pomalým otáčením ventilu „A“ nastavit doporučený tlakový spád. Na průtokoměru odečíst hodnotu průtoku vzduchu v $[\text{ml.s}^{-1}]$. Pokud se plovák nezvedne, nastavit průtokoměr na „1“ a postup opakovat.

[66]

Příloha č. 3

Postup měření na přístroji DFT-3 (Dust Filter Tester)

1. Příprava zkušebních vzorků kruhového průřezu o průměru přibližně 14,5 cm. Příprava absolutních filtrů čtvercového tvaru o straně přibližně 14,5 cm. K experimentu je použito 9 různých materiálů, od každého 10 vzorků. Na každé 3.-4. měření je použit nový absolutní filtr. Tam, kde je propustnost téměř nulová, je použit jeden absolutní filtr pro všech deset měření daného materiálu.
2. Zjistit hmotnost testovaného a absolutního filtru s přesností 0,001g.
3. Pro jedno měření navážit 0,2 g testovacího prachu SPONGELIT. Pro vážení použít podkladové plexisklo. Navážený prach nahnout na čáru a umístit před nasávací otvor dávkovače.
4. Umístit filtr a vzorek do přístroje a posuvem utěsnit mísící trať. Absolutní filtr musí být vždy umístěn dole a nesmí nedocházet k netěsnostem.
5. Zapnout motor odsávacího zařízení.
6. Na průtokoměru regulačním ventilem nastavit zadanou filtrační rychlost.
7. Po dobu tří minut rovnoměrně dávkovat navážený prach postupným posuvem podkladového plexiskla směrem k nasávacímu otvoru. Během tohoto procesu udržovat zadanou filtrační rychlost.
8. Po spotřebování naváženého prachu vypnout motor odsávacího zařízení.
9. Opatrně vyjmout vzorek a absolutní filtr a zjistit jejich hmotnost.
10. Z naměřených výsledků získat hodnotu efektivity podle uvedeného vztahu. K výpočtu nesmí být použito množství prachu navážené před zkouškou, ale množství prachu zjištěné na vzorku a filtru.



Obr.: Schéma měřicího zařízení Dust Filter Tester DFT-3.

Příloha č. 4

Přehled oděvů použitých pro experiment

1. POLYCLEAN

Výrobce: DuPont
Materiál: 100% polypropylen, netkaný
Popis: jednorázový overal proti ušpinění
Použití: vhodný jako ochrana proti ušpinění do míst se zvýšeným výskytem nečistot a prachu, není určen do riskantních prostředí
Upozornění: Hořlavý. Udržujte mimo oheň a nevystavujte vysokým teplotám. Polypropylen taje při 165°C
cena (s DPH): 55 Kč



2. MINTO

Výrobce: DuPont
Materiál: 100% polypropylen, netkaný
Popis: jednorázový overal proti ušpinění a pro zvýšení komfortu při práci
Použití: ochranný oblek do míst se zvýšeným výskytem nečistot a prachu
Upozornění: Hořlavý! Nepoužívejte v blízkosti ohně a jiných zdrojů tepla! Materiál oděvu se taví při teplotě 165°C.
cena (s DPH): 32 Kč



3. PO106

Obchodní název: ChemSafe
Označení modelu: 307118
Výrobce: Delta plus
Materiál: 100% polypropylen, netkaný
Cena (s DPH): 47 Kč

Popis: Kombinéza s elastickou kapucí, zapínání na zip, elastický pas, kotníky (klouby) a manžety.
Použití: Tyto overaly jsou určeny k ochraně uživatelů před škodlivými látkami a k ochraně citlivých výrobků před kontaminací člověkem. Obvyklé použití je ochrana proti jemným částicím (prachu) a postřikáním kapalinami.



Míra ochrany: Ochranný oděv kategorie CE III typ 5/6
CE 0302 - Značka shody CE s číslem notifikované osoby, která značku přidělila

Antistatická úprava – elektrostatická ochrana podle EN 1149-1
Ochrana proti chemikáliím
Omezená ochrana proti postřiku kapalinami dle EN 13034

Ochrana proti částicím (prachu) dle En ISO 13982-1
Ochrana proti radioaktivnímu prachu dle EN1073-2
Ochrana proti biologickým rizikům EN 14126

Upozornění: Expozice určitým velmi jemným částicím nebo intenzivní skrápění kapalinami může vyžadovat silnější mechanickou bariéru než nabízí tento overal. Vhodnost použití tohoto oblečení spolu s dalšími doplňky (rukavice, obuv, respirátory) musí posoudit uživatel po eventuální poradě s dodavatelem. Výrobek je hořlavý, chránit před ohněm nebo intenzivním zdrojem tepla.

4. CHEMSAFE MS1

Obchodní název: ChemSafe
Označení modelu: 307138
Výrobce: ChemSafe
Materiál: polypropylen, netkaný
Cena (s DPH): 54 Kč



Popis: Ochranný oblek s kapucí, ochranná klapka na zipu, rukávy a nohavice stažené gumičkou. Odolává některým chemikáliím, kategorie CE III typ 5 a 6.

Použití: Tyto overaly jsou určeny k ochraně uživatelů před škodlivými látkami a k ochraně citlivých výrobků před kontaminací člověkem. Obvyklé použití je ochrana proti jemným částicím (prachu) a postřikáním kapalinami.

Míra ochrany: Ochranný oděv kategorie CE III
CE 0302 - Značka shody CE s číslem notifikované osoby 0302, ANCCP, Via Rombon 11, I-20134 Milano, Itálie

Ochrana proti chemickým rizikům
Omezená ochrana proti postřiku kapalinami
Ochrana proti částicím (prachu)

Upozornění: Expozice určitým velmi jemným částicím nebo intenzivní skrápění kapalinami může vyžadovat silnější mechanickou bariéru než nabízí tento overal. Vhodnost použití tohoto oblečení spolu s dalšími doplňky (rukavice, obuv, respirátory) musí posoudit uživatel po eventuální poradě s dodavatelem. Výrobek je hořlavý, chránit před ohněm nebo intenzivním zdrojem tepla.

5. CHEMSAFE C1

Obchodní název: ChemSafe
Označení modelu: 307148
Výrobce: ChemSafe
Materiál: polypropylen, netkaný
Cena (s DPH): 75 Kč

Popis: Ochranný oblek s kapucí, ochranná klapka na zipu, rukávy a nohavice stažené gumičkou. Odolává některým chemikáliím, kategorie CE III typ 5 a 6, ochrana proti průniku radioaktivních částic. Antistatický.

Použití: Tyto overaly jsou určeny k ochraně uživatelů před škodlivými látkami a k ochraně citlivých výrobků před kontaminací člověkem. Obvyklé použití je ochrana proti jemným částicím (prachu) a postřikáním kapalinami.

Míra ochrany: Ochranný oděv kategorie CE III
CE 0302 - Značka shody CE s číslem notifikované osoby 0302, ANCCP, Via Rombon 11, I-20134 Milano, Itálie

Antistatická úprava – elektrostatická ochrana podle EN 1149-1

Ochrana proti chemickým rizikům
Omezená ochrana proti postřiku kapalinami
Ochrana proti částicím (prachu)
Ochrana proti radioaktivnímu prachu dle EN1073-2

Upozornění: Expozice určitým velmi jemným částicím nebo intenzivní skrápění kapalinami může vyžadovat silnější mechanickou bariéru než nabízí tento overal. Vhodnost použití tohoto oblečení spolu s dalšími doplňky (rukavice, obuv, respirátory) musí posoudit uživatel po eventuální poradě s dodavatelem. Výrobek je hořlavý, chránit před ohněm nebo intenzivním zdrojem tepla.



6. 4520 3M

Výrobce: 3M
Označení modelu: 4520
Materiál: polypropylen
cena (s DPH): 114 Kč

Popis: Nejprodyšnější typ z řady 3M 45. Snížená hořlavost, manžety do gumičky (bez nápletů), obousměrné zdrhovadlo s krycí klopou, pružná kapuce, pas a kotníky, antistatická úprava. Oděv je schválen a je označen značkou "CE".

Použití: Používá se k ochraně proti tuhým a kapalným aerosolům, kyselinám, zásadám nebo postřiku rozpouštědly a vodou. Mezi typické aplikace patří: lehká údržba, práce ve stavebnictví, práškové lakování, zpracování dřeva, kovů, nástřik laků, manipulace s azbestem, zpracování masa, zemědělské práce, pokládání izolací, lehká manipulace s chemikáliemi, úklid chemikálií, farmaceutická výroba, aplikace pryskyřic nebo čištění tlakovou vodou.

Míra ochrany: Tento produkt splňuje základní bezpečnostní požadavky podle článku 10 a 11 b nařízení EU 89/686/EEC a proto má označení CE. Produkt byl testován v stádiu návrhu autorizovanou zkušební institucí SGS, United Kingdom Ltd, Weston-Super-Mare, BBS22 6WA, Velká Británie (ohlášená licence 0120).
Produkt splňuje požadavky následujících norem:
Norma EN 340:2003: Všeobecné požadavky



Norma EN 13034:2005: Typ 6: omezené ochranné vlastnosti proti chemikáliím v kapalném stavu odolné vůči postřiku

Norma EN ISO13982-1:2004: Typ 5: ochranné vlastnosti proti nebezpečným suchým částicím

Norma EN 1073-2:2002: Ochranný oděv proti radioaktivním částicím

Norma 1149-1995 - Elektrostatické vlastnosti – odolnost povrchu

Upozornění: Oděv není vhodné použít při práci s těžkými oleji, jiskrami nebo plameny, popřípadě pro práci, kde je možné přímé postřikání nebo hromadění kapalin na oděvu. Dále není doporučován do prostředí s velkým rizikem mechanického poškození a do prostředí s vysokou teplotou.

7. 4530 3M

Výrobce: 3M

Označení modelu: 4530

Materiál: 3-vrstvý netkaný polypropylen (SMS)
elastické části: neoplenová pryž (bez latexu)
zip: nylon na polyesterové lemovce
pletené manžety: polyester
příze: polyester/bavlna

Cena (s DPH): 156 Kč

Popis: jednorázový ochranný oblek, velmi prodyšný, snížená hořlavost, pletené manžety, obousměrné zdrhovadlo s klopou, pružná kapuce, pas a kotníky, antistatická úprava (z obou stran). Velmi dobrá úroveň ochrany při postřikání chemikáliemi a proti částicím (CE typ 5/6).



Použití: Ochranný oblek 3M 4530 je určen k použití v situacích, kdy je pravděpodobné, že uživatel přijde do styku s mírně stříkajícími nebo rozprašovanými tekutými chemikáliemi nebo suchými částicemi (prachem), představujícím omezené riziko. Nejvhodnější použití: stříkání nátěrových hmot, zpracování kovů, čištění a údržba v lehkém strojírenství, svařování.

Míra ochrany: Výrobek 3M 4530 prokázal, že splňuje základní bezpečnostní požadavky podle článků 10 a 11B evropské směrnice 89/686/EHS a proto je označen symbolem CE. Výrobek byl přezkoušen v konstrukční fázi institucí SGS, United Kingdom Ltd, Weston-Super-Mare, BBS22 6WA, Velká Británie (ohlášená licence 0120).

Prodkut splňuje požadavky následujících norem:

prEN 13034:1997: Omezená ochrana typu 6: proti tekutým chemikáliím (ochrana proti postřikání)

prEN 13982-1:2000: Omezená ochrana typu 5: proti nebezpečným suchým částicím (ochrana proti vnikání prachu)

EN 1149-1:1995: Ochrana proti elektrostatickému náboji

Výrobek 3M 4530 je také samozhášivý a splňuje požadavky evropské normy EN 433:1997, index 1/0: Omezená ochrana proti ohni a teplotě.

Upozornění: Aby byla zajištěna ochrana proti ohni, musí se nosit přes samozhášivý materiál s indexem 2 nebo 3.

Výrobek není určen k použití:

- v prostředích s vysokými mechanickými riziky (oděr, roztržení, pořezání)
- při působení nebezpečných látek překračujících specifikace CE 5, 6
- v situacích vedoucích k přímému postřikání nebo hromadění kapalin na oděvu (např. při nástřiku chemikálií)
- při působení jaderného záření
- v kontaktu s hustým olejem

8. TYVEK PRACTIC

Výrobce: DuPont
Označení modelu: Tyvek® Practic
Materiál: netkaný polyethylén Tyvek®, mikroperforovaný
cena (s DPH): 154 Kč
Popis: Pracovní ochranný oblek s límečkem, ochrana proti ušpinění.
Použití: ochranný oblek do míst se zvýšeným výskytem nečistot a prachu. Nejčastěji nakupují: opravárenský průmysl
Upozornění: Tento oděv je určen pouze jako ochrana proti znečištění před látkami, které nejsou nebezpečné. Oděv nevyhovuje kategoriím certifikace III CE. Není ochranným oděvem proti chemikáliím.



9. T56 KLEENGUARD

Výrobce: Kimberly-Clark
Označení modelu: KleenGuard T56
cena (s DPH): 193 Kč
Materiál: netkaný polypropylen (SMS), vnější vrstva má charakter látky, ale je vyrobena z pevné polypropylenové netkané textilie odolné proti oděru, prostřední vrstva se skládá ze speciálně tkaného mikrovlna, které filtruje většinu druhů kapalin na bázi vody a pevných částic.

Popis: Ochranná kombinéza, opatřena stahovacími gumičkami na okraji kapuce, v pase, na rukávech a na nohavicích. Oděv je vyroben z odolné SMS textilie, která nepropouští 99 % částic větších než 1 mikron (I.O.M Aloxite test). Prodyšná látka snižuje riziko přehřátí. Ochranu proti roztržení zaručují trojitě stehy vnitřních lemů. Vyrobeno bez použití silikonu pro využití v provozech citlivých na silikon (v lakovnách).
Použití: Ochrana proti prachu, vláknům a chemickému postřiku. Vhodné pro práci s azbestem, pro manipulaci s práškovými materiály, skelnou vatou, běžnou údržbu, úklid a stavební práce.



Míra ochrany: CE 0120 Kategorie 3 podle nařízení SGS United Kingdom Limited (EC Notified Body Number 0120) Camberly, Surrey, GU15 3EY, UK.

Všechny KLEENGUARD® Ochranné oděvy odpovídají normě EN 340 doporučení pro stanovení velikostí.

práce s chemikáliemi Kategorie 3, omezená životnost

Typ 5 - Ochrana proti prachovým částicím

Typ 6 - Omezená ochrana proti postřikání

EN1073-2 - Ochrana proti kontaminaci radioaktivním prachem

Upozornění: Tento oděv nemusí být vhodný pro dlouhotrvající nebo intenzivnímu vystavení chemickému postřiku. Vyvarujte se vystavení velmi malým pevným nebo kapalným částicím rozptýleným v plynu nebo kapalině. Nepoužívejte s vysoce toxickými nebo nebezpečnými chemikáliemi, chemickým výparům a plynům. Nevystavujte přímému ohni, jiskrám nebo horkým povrchům. Materiál začíná tát při 120°C.

Příloha 5

Propustnost prachových částic – naměřené hodnoty

1. Polyclean

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m _{A1}	1,415	1,439	1,457	1,576*	1,589	1,602	1,468*	1,490	1,505	1,526
m _{A2}	1,439	1,457	1,478	1,589	1,602	1,619	1,490	1,505	1,526	1,540
G ₁	0,024	0,018	0,021	0,013	0,013	0,017	0,022	0,015	0,021	0,014
m _{V1}	10,116	10,085	10,052	10,066	10,124	10,054	10,073	10,084	10,077	10,069
m _{V2}	10,267	10,233	10,196	10,214	10,241	10,201	10,226	10,223	10,219	10,198
m _{V2} -m _{V1}	0,151	0,148	0,144	0,148	0,117	0,147	0,153	0,139	0,142	0,129
G ₂	0,175	0,166	0,165	0,161	0,130	0,164	0,175	0,154	0,163	0,143
G ₁ /G ₂	0,137	0,108	0,127	0,081	0,100	0,104	0,126	0,097	0,129	0,098

* nový absolutní filtr

2. Minto

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m _{A1}	1,430	1,482	1,538	1,435 *	1,543	1,579	1,377*	1,436	1,488	1,535
m _{A2}	1,482	1,538	1,589	1,543	1,579	1,64	1,436	1,488	1,535	1,592
G ₁	0,052	0,056	0,051	0,108	0,036	0,061	0,059	0,052	0,047	0,057
m _{V1}	9,862	9,723	9,861	9,866	9,781	9,884	9,873	9,970	9,764	9,749
m _{V2}	9,960	9,806	9,935	9,982	9,861	9,968	9,966	9,861	9,851	9,845
m _{V2} -m _{V1}	0,098	0,083	0,074	0,116	0,080	0,084	0,093	0,091	0,087	0,096
G ₂	0,150	0,139	0,125	0,224	0,116	0,145	0,152	0,143	0,134	0,153
G ₁ /G ₂	0,347	0,403	0,408	0,482	0,310	0,421	0,388	0,364	0,351	0,373

* nový absolutní filtr

3. PO106

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m _{A1}	1,440	1,492	1,523	1,423*	1,457	1,492	1,512*	1,547	1,578	1,607
m _{A2}	1,492	1,523	1,548	1,457	1,492	1,534	1,547	1,578	1,607	1,647
G ₁	0,052	0,031	0,025	0,034	0,035	0,042	0,035	0,031	0,029	0,040
m _{V1}	9,755	9,869	9,915	9,889	9,840	9,923	9,761	9,805	9,889	9,972
m _{V2}	9,887	9,983	10,019	10,018	9,955	10,034	9,889	9,929	10,007	10,085
m _{V2} -m _{V1}	0,132	0,114	0,104	0,129	0,115	0,111	0,128	0,124	0,118	0,113
G ₂	0,184	0,145	0,129	0,163	0,150	0,153	0,163	0,155	0,147	0,153
G ₁ /G ₂	0,283	0,214	0,194	0,209	0,233	0,275	0,215	0,200	0,197	0,261

* nový absolutní filtr

4. ChemSafe MS1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m _{A1}	1,322	1,323	1,325	1,325	1,325	1,326	1,326	1,328	1,329	1,330
m _{A2}	1,323	1,324	1,325	1,325	1,326	0,326	1,328	1,329	1,330	1,330
G ₁	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000
m _{V1}	10,088	10,099	10,149	10,073	10,135	10,099	10,054	10,067	10,114	10,083
m _{V2}	10,242	10,246	10,308	10,225	10,277	10255	10,203	10,222	10,267	10,224
m _{V2} -m _{V1}	0,154	0,147	0,159	0,152	0,142	0,156	0,149	0,155	0,153	0,141
G ₂	0,155	0,148	0,160	0,152	0,143	0,156	0,151	0,156	0,154	0,141
G ₁ /G ₂	0,006	0,007	0,006	0,000	0,007	0,000	0,013	0,006	0,006	0,000

5. ChemSafe C1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m _{A1}	1,385	1,386	1,386	1,386	1,386	1,387	1,387	1,387	1,388	1,388
m _{A2}	1,386	1,386	1,386	1,386	1,387	1,387	1,387	1,388	1,388	1,389
G ₁	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
m _{V1}	10,067	10,081	10,088	10,135	10,082	10,038	10,101	10,096	10,129	10,072
m _{V2}	10,213	10,244	10,237	10,283	10,229	10,190	10,262	10,244	10,275	10,219
m _{V2} -m _{V1}	0,146	0,163	0,149	0,148	0,147	0,152	0,161	0,148	0,146	0,147
G ₂	0,147	0,163	0,149	0,148	0,148	0,152	0,161	0,149	0,146	0,148
G ₁ /G ₂	0,007	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,007	0,000	0,007

6. 3M 4520

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m _{A1}	1,444	1,445	1,446	1,449	1,451	1,457	1,459	1,461	1,465	1,466
m _{A2}	1,445	1,446	1,449	1,451	1,457	1,459	1,461	1,465	1,466	1,470
G ₁	0,001	0,001	0,003	0,002	0,006	0,002	0,002	0,004	0,001	0,004
m _{V1}	9,974	9,892	10,052	9,915	9,903	9,975	10,004	9,997	9,923	10,034
m _{V2}	10,143	10,057	10,223	10,066	10,063	10,140	10,161	10,158	10,093	10,197
m _{V2} -m _{V1}	0,169	0,165	0,171	0,151	0,160	0,165	0,157	0,161	0,170	0,163
G ₂	0,170	0,166	0,174	0,153	0,166	0,167	0,159	0,165	0,171	0,167
G ₁ /G ₂	0,006	0,006	0,017	0,013	0,036	0,012	0,013	0,024	0,006	0,024

7. 3M 4530

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m _{A1}	1,495	1,497	1,500	1,502	1,505	1,506	1,508	1,510	1,512	1,515
m _{A2}	1,497	1,500	1,502	1,505	1,506	1,508	1,510	1,512	1,515	1,517
G ₁	0,002	0,003	0,002	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002
m _{V1}	10,080	10,109	10,112	10,130	10,109	10,145	10,083	10,107	10,091	10,102
m _{V2}	10,236	10,253	10,266	10,275	10,254	10,293	10,234	10,260	10,236	10,249
m _{V2} -m _{V1}	0,156	0,144	0,154	0,145	0,145	0,148	0,151	0,153	0,145	0,147
G ₂	0,158	0,147	0,156	0,148	0,146	0,150	0,153	0,155	0,148	0,149
G ₁ /G ₂	0,013	0,020	0,013	0,020	0,007	0,013	0,013	0,013	0,020	0,013

Tab. 15: Naměřené hodnoty 3M 4530

8. Tyvek Practic

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m_{A1}	1,470	1,558	1,640	1,552*	1,659	1,741	1,389*	1,470	1,549	1,646
m_{A2}	1,558	1,640	1,717	1,659	1,741	1,834	1,470	1,549	1,646	1,732
G_1	0,088	0,082	0,077	0,107	0,082	0,093	0,081	0,079	0,097	0,086
m_{V1}	10,355	10,263	10,315	10,269	10,313	10,302	10,273	10,267	10,288	10,309
m_{V2}	10,400	10,307	10,357	10,329	10,355	10,354	10,331	10,307	10,326	10,353
$m_{V2}-m_{V1}$	0,045	0,044	0,042	0,060	0,040	0,052	0,058	0,039	0,038	0,044
G_2	0,133	0,126	0,119	0,167	0,122	0,145	0,139	0,118	0,135	0,130
G_1/G_2	0,662	0,651	0,647	0,641	0,672	0,641	0,583	0,669	0,719	0,662

* nový absolutní filtr

9. KleenGuard T56

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m_{A1}	1,408	1,409	1,411	1,411	1,412	1,412	1,413	1,413	1,414	1,415
m_{A2}	1,409	1,410	1,411	1,412	1,412	1,413	1,413	1,414	1,415	1,415
G_1	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000
m_{V1}	10,020	10,008	9,992	9,983	9,973	9,970	9,998	10,012	9,954	9,893
m_{V2}	10,188	10,161	10,146	10,146	10,125	10,130	10,152	10,165	10,113	10,057
$m_{V2}-m_{V1}$	0,168	0,153	0,154	0,163	0,152	0,160	0,154	0,153	0,159	0,164
G_2	0,169	0,154	0,154	0,164	0,152	0,161	0,154	0,154	0,160	0,164
G_1/G_2	0,006	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,000

m_{A1} ... hmotnost absolutního filtru před filtrací

m_{A2} ... hmotnost absolutního filtru po filtraci

m_{V1} ... hmotnost vzorku před filtrací

m_{V2} ... hmotnost vzorku po filtraci

G_1 množství prachu nezachyceného vzorkem $G_1 = m_{A2} - m_{A1}$ [g]

G_2 množství prachu na vzorku a na absolutním filtru $G_2 = G_1 + (m_{V2}-m_{V1})$ [g]

Příloha č. 6

Schéma principu přístroje pro testování aerosolem NaCl

Princip přístroje:

Roztok 10% NaCl je rozprášen a zbaven vody ve vypařovací trubici. Výsledkem jsou částice soli definované velikosti. Tyto částice nalétávají definovanou rychlostí na testovaný vzorek (zároveň je snímán tlakový spád vzorku). V hořáku 9 hoří modrý plamen směsi vodíku a vzduchu. Projdou – li testovaným filtrem částice NaCl, obarví plamen do žluta. Čím více částic, tím větší intenzita žluté barvy plamene. Intenzitu žluté barvy plamene snímá spektrofotometr. Výstupem je hodnota napětí v mV, hodnota průniku P částic testovaným vzorkem je určena vzorcem:

$$P = U_1/U_2 [\%]$$

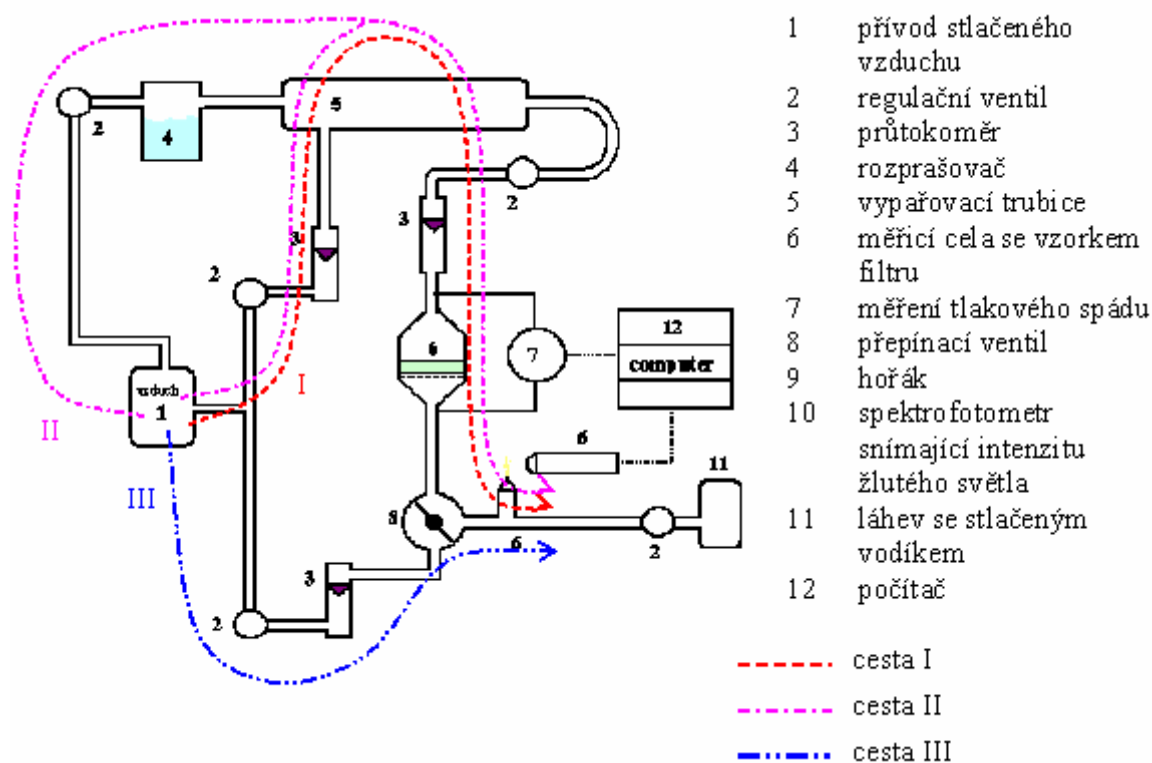
kde U_1 je napětí naměřené na testovaném vzorku, U_2 je maximální napětí naměřené na tzv. 100% vzorku, tedy za situace, kdy v měřící cele není upnut žádný vzorek.

Pro přesné měření je nutné určit nulový stav přístroje, kdy v hořáku hoří pouze vodík a vzduch přicházející cestou I.

Vzduch může v přístroji procházet v zásadě 3 cestami:

- I. cesta je pro určení nulového stavu přístroje a pro výměnu testovaného filtru - vzduch neprochází filtrem.
- II. cesta je pro určení tlakového spádu filtru a vyčištění přístroje – vzduch prochází filtrem, ale neobsahuje částice soli.
- III. cesta pro měření průniku částic filtrem.

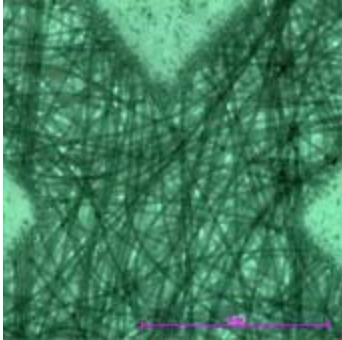
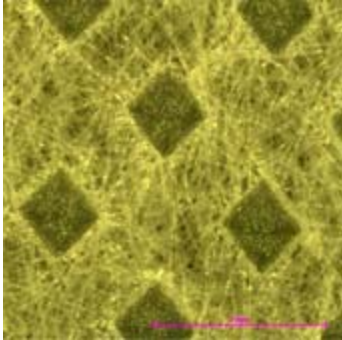
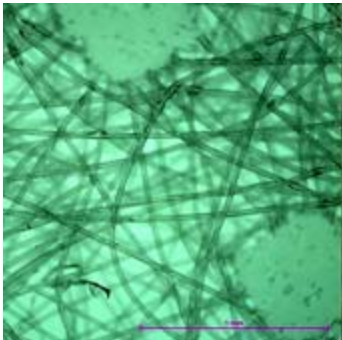
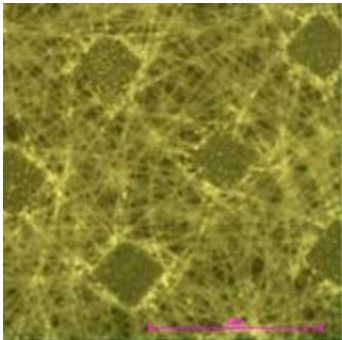
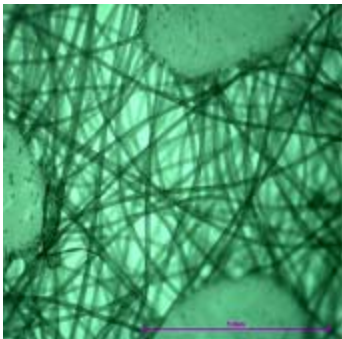
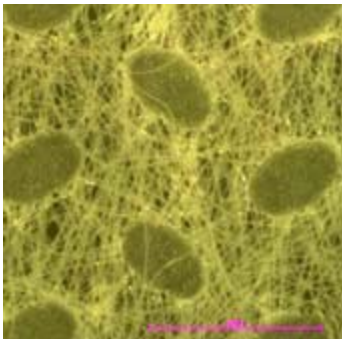
Schema přístroje:

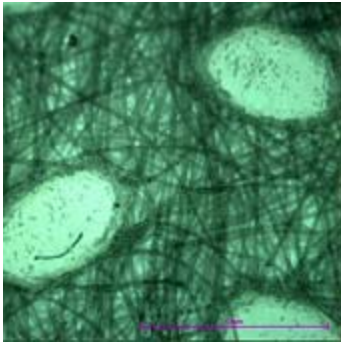
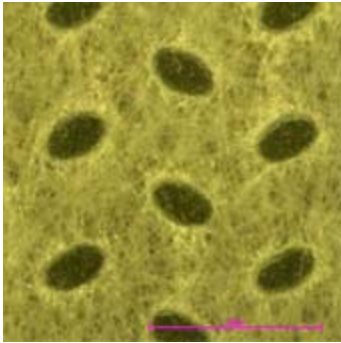
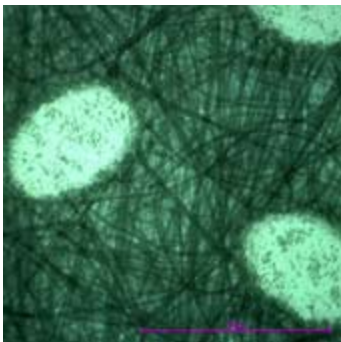
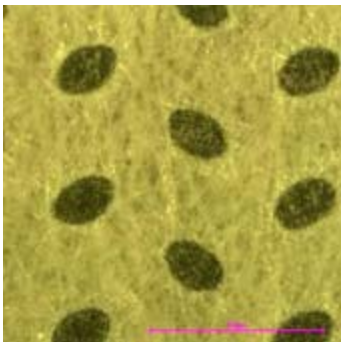
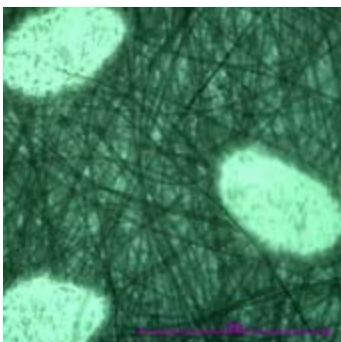
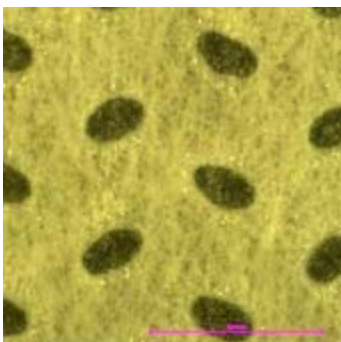


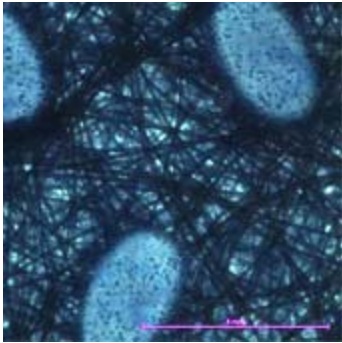
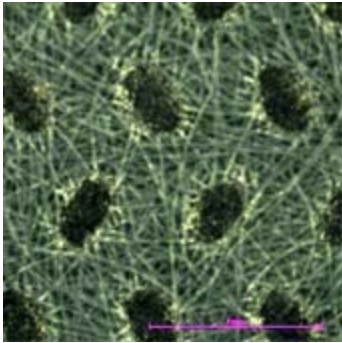
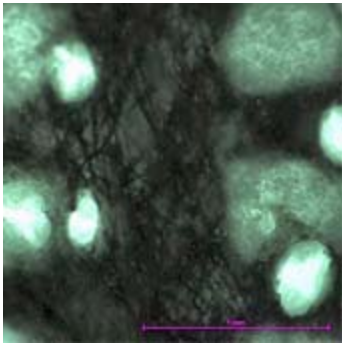
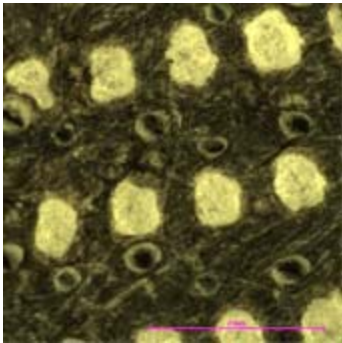
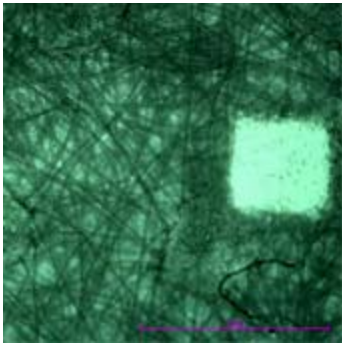
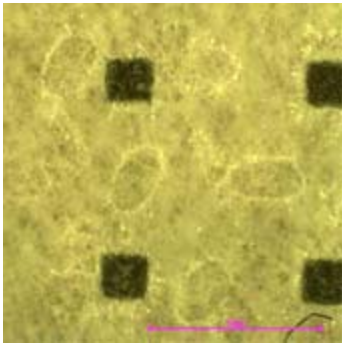
Obr.: Schéma principu přístroje pro testování aerosolem NaCl.

Příloha 7

Materiály – makroskopický pohled a vzorek

1. Polyclean		
měřítka: 1 mm	měřítka: 2 mm	vzorek
		
2. Minto		
měřítka: 1 mm	měřítka: 2 mm	vzorek
		
1. PO106		
měřítka: 1 mm	měřítka: 2 mm	vzorek
		

4. ChemSafe MS1		
měřítka: 1 mm	měřítka: 2 mm	vzorek
		
5. ChemSafe C1		
měřítka: 1 mm	měřítka: 2 mm	vzorek
		
6. 3M 4520		
měřítka: 1 mm	měřítka: 2 mm	vzorek
		

7. 3M 4530		
měřítka: 1 mm	měřítka: 2 mm	vzorek
		
8. Tyvek Practic		
měřítka: 1 mm	měřítka: 2 mm	vzorek
		
9. Kleen Gard T56		
měřítka: 1 mm	měřítka: 2 mm	vzorek
		

Příloha 8

Seznam obrázků, tabulek, grafů

Seznam obrázků

- Obr. 21.: Materiál Bordura. Zdroj [16]
Obr. 22.: Dutá vlákna materiálu Hollofleece. Zdroj [19]
Obr. 23.: Vlákenná struktura materiálu Duotherm. Zdroj [23]
Obr. 24.: Struktura materiálu Polyguard 3D. Zdroj [19]
Obr. 25.: Vlákna Hollofibre 1, 4 a 6. Zdroj [19]
Obr. 26.: Příklad dutého vlákna - sedmidutinkové vlákno Invista Quallofil. Zdroj [25]
Obr. 27.: Mikroporézní membrána GORE-TEX. Vlevo průchod částecek páry o velikosti 10 μm , vpravo neprostupnost částecek vody o velikosti 50 μm . Zdroj [31]
Obr. 28.: Princip materiálu Gore-Tex. Zdroj [33]
Obr. 29.: Membrána Sympatex. Zdroj [35]
Obr. 30.: Princip membrány Porelle. Zdroj [38]
Obr. 31.: Protichemický oděv OPCH – 90. Zdroj [43]
Obr. 32.: Složení materiálu Vatelux Elite ET. Zdroj [45]
Obr. 33.: Ukázka flexibilního pancéřového štítu. Zdroj [46]
Obr. 34.: Zkoušení antišokové ochrany pomocí plastelíny. Zdroj [49]
Obr. 35.: Vlákno -140 se skládá z vodivého uhlíkového jádra a ochranného polyamidového obalu. Zdroj [50]
Obr. 36.: Princip odrazivosti materiálu Reflexite. Zdroj [53]
Obr. 37.: Tajemství fotoluminiscenčního materiálu spočívá ve světlo-uchovávajících pigmentech. Zdroj [55]
Obr. 38.: Materiál Trevira Bioactive. Zdroj [58]
Obr. 39.: Na obrázku je SMS s vnitřní vrstvou z netkané textilie a perforované fólie. Zdroj [60]
Obr. 20.: Příklad textilií pojených kalandrovacími válci s různým vzorem rastru
Obr. 21.: Přístroj SDL M021S. [67]
Obr. 22.: Přístroj ALMEMO 22902-4. [68]
Obr. 403.: Minto
Obr. 24.: ChemSafe C1
Obr. 25.: Tyvek Practic
Obr. 26.: Přístroj DFT-3 pro testování syntetickým prachem. [70]
Obr. 27.: Materiál oděvu Minto
Obr. 28.: Materiál oděvu Tyvek Practic
Obr. 29.: Bench Mounting Rig type 1100 P - zařízení pro testování aerosolem NaCl. Zdroj [71]
Obr. 30.: Kapka na lotosovém listu. Zdroj [72]
Obr. 31.: Příklad samočisticí funkce. Zdroj [73]
Obr. 32.: „Normální“ povrch (vlevo) a samočisticí povrch. Zdroj [76]
Obr. 33.: Částice materiálu Nanosilver a bakterie. Zdroj [75]
Obr. 34.: Viskózní vlákno Outlast. Zdroj [78]
Obr. 25.: Částice PCM při zahřívání a při ochlazení. Zdroj [80]
Obr. 36.: S použitím Outlast a bez použití Outlast. Zdroj [78]
Obr. 37.: Příklady flexibilních mikročipů. Zdroj [81] a [82]
Obr. 38.: Flexibilní vodivé síto pro aplikaci v textilií odolné proti poškození. Zdroj [83]

- Obr. 39.: Příklady flexibilního napájení mobilních systémů pomocí dvojic speciálních vláken. Zdroj [84]
 Obr. 40.: Oděv pro kurýry, detail rukávu. Zdroj [85]
 Obr. 41.: Systém LifeShirt. Zdroj [87]
 Obr. 42.: Jednorázová ochranná kombinéza Tyvek® z recyklovaného materiálu. Zdroj [89]

Seznam tabulek

- Tab. 9.: Naměřené hodnoty průtoku vzduchu
 Tab. 10.: Vypočtené hodnoty prodyšnosti
 Tab. 11.: Množství prachu nezachyceného vzorkem - G_1 [g]
 Tab. 12.: Množství prachu na vzorku a na absolutním filtru - G_2 [g]
 Tab. 13.: Efektivita zachycení syntetického prachu Spongelit
 Tab. 14.: Vypočtené hodnoty efektivy zachycení prachových částic
 Tab. 15.: Naměřené a vypočtené hodnoty Průniku P [%] a Efektivy E_p [%]
 Tab. 16.: Naměřené a vypočtené hodnoty tlakového spádu p [Pa]
 Tab. 9.: Přehled oděvů, výrobce, zdroje a cena.

Seznam grafů

- Graf. 1.: Prodyšnost
 Graf. 2.: Efektivita zachytu částic prachu
 Graf. 2.: Efektivita zachytu částic prachu a prodyšnost.
 Graf. 3.: Průnik částic aerosolu NaCl
 Graf. 4.: Efektivita zachycení částic aerosolu NaCl
 Graf. 5.: Tlakový spád z přístroje Bench Mounting Rig type 1100 P.
 Graf. 6.: Prodyšnost R [%], efektivita na syntetický prach Spongelit E [%] a efektivita na aerosol NaCl R_p [%].
 Graf. 7.: Cena ochranných oděvů.